ITの新時代を担う人材の育成

情報科学の最先端を教育・研究するコンピュータ理工学部

京都産業大学

コンピュータ理工学部

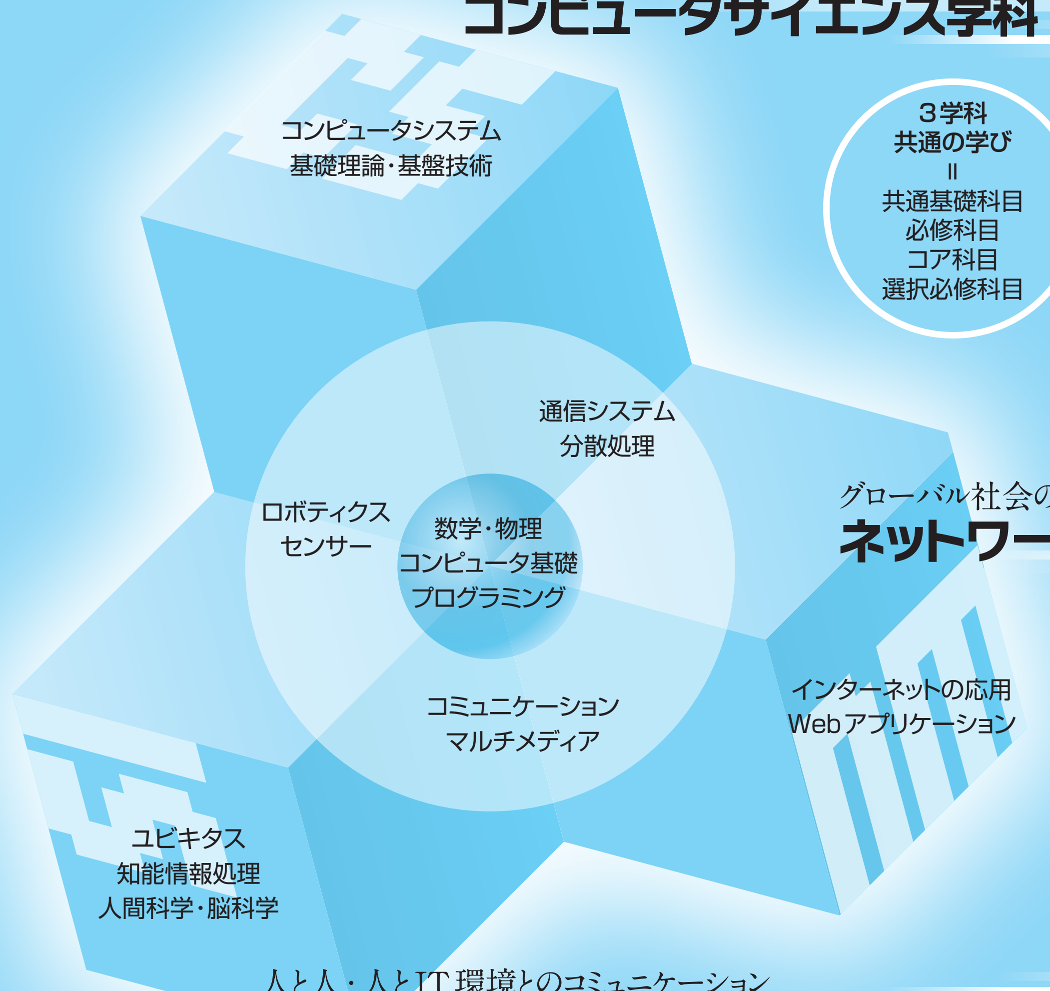
コンピュータサイエンス学科
ネットワークメディア学科
インテリジェントシステム学科

コンピュータ理工学部は、コンピュータサイエンス学科、ネットワークメディア学科、
インテリジェントシステム学科の３学科から構成されています。
今後ますます進展するIT社会において必要とされる高度な知識と技術を理論と実践の両面から学び、
高度情報化社会を支える専門知識を身につけ、世界中で活躍できる人材を育成します。

高度情報化社会を支える科学とテクノロジー
コンピュータサイエンス学科

グローバル社会のための情報ネットワーク
ネットワークメディア学科

人と人・人とIT環境とのコミュニケーション
インテリジェントシステム学科



３学科
共通の学び
＝
共通基礎科目
必修科目
コア科目
選択必修科目

数学や物理学、またプログラミングの基礎等、情報処理の土台を固める。

急速に発展する情報処理技術の最先端に立ち、さらなる進化を支える基盤技術を身につける。

ITのあらゆる分野に活かせる基盤技術

コンピュータの基盤技術について、ハードウェア、ソフトウェア、ネットワークと幅広い領域から学び、ITについての確かな基礎知識と技術を身につけるカリキュラムとなっています。情報インフラを担う技術者として、あるいは、ITを活かした新たなビジネスの創造者として、多様な分野に応用できる人材育成をめざします。

最先端のテーマにも取り組む実践的な演習や実習

１年次からの演習により基礎的なプログラミング力を積み上げ、専門教育科目ではより実用的なプログラミングの能力を身につける演習や実習に取り組みます。プログラミングの実践を繰り返すことで、問題を柔軟に解決する応用力が磨かれます。研究室では、オペレーティングシステムの開発やデータベースシステムの開発など、最先端のテーマにも挑戦します。

巨大な可能性を秘めたネットワークの未来。その可能性を現実に変えていく力を養成する。

アイデアが世界を動かすネットワークの世界

ネットワーク技術の急速な発展は、エンタテインメントの場面でもビジネスの場面でも私たちのライフスタイルを大きく変化させてきました。これから、さらにネットワーク技術は進化して行きます。その技術を支える基礎知識を学び、未来のネットワークの可能性を切り拓いてゆける土台を築きます。

セキュリティやマルチメディアの分野も学習

ネットワークの仕組み、情報通信、セキュリティ技術など、ネットワークの基礎を学び、目的に応じたネットワークを構築できる力を身につけます。また、ネットワークを介して伝達される音楽や映像などの各種データの圧縮方法、画像処理、認証といったマルチメディアの周辺技術についても学ぶことができます。

使いやすさと快適さの技術革新。コンピュータをもっと人にとって優しいものに。

コンピュータの技術的課題は使いやすさと快適さ

コンピュータは登場以来、計算速度や記憶容量を高めることが至上命題とされてきました。それらは大きな発展を遂げましたが、その陰で技術革新があまり進んでいないのが「使いやすさ」「快適さ」といった、使う人のための技術です。人間の情報処理の仕組みを理解し、新しいコンピュータシステムのあり方を探求していきます。

知的な存在として人間と共生するコンピュータ

さらにその先にあるのは、コンピュータを知的な存在と捉え、人間との共生を考えるというテーマです。単なる道具ではなく、人間の誤りや理解不足を補ったり、ユーザの感情や嗜好を読み取って情報を提案したり、といったまさにパートナーとも呼べる知的存在。そのような存在を実現するために考えるべき問題や学ぶべき技術に触れていきます。

ITの基礎を共通で養い、２年次秋学期から３学科に分かれて専門学習を追究。

1

１年次～２年次春学期

3学科に共通する**基礎科目群**を設置。コンピュータに関する基礎知識や**プログラミング**の基礎的な技術を身につけ、情報科学の土台となる**数学・物理学**を学びます。

2

２年次秋学期～

3つの学科に分かれて、**専門科目**の履修を開始します。**他学科の科目も履修できる**柔軟なカリキュラム。学生一人ひとりの目指す進路に応じた学び方が選べます。

コンピュータサイエンス学科
確かな基礎知識と柔軟な発想力を身につけ、
コンピュータの最先端領域を追究します。

ネットワークメディア学科
可能性に満ちたネットワークの未来。
そのフロンティアを開拓する実践的な力を養います。

インテリジェントシステム学科
コンピュータ環境をもっと人に快適に。
脳科学にも踏み込んで情報処理の世界を学びます。

柔軟な学びのシステム

3

3年次の秋学期から**特別研究**がスタート。研究室に入って先進的な研究に取り組みます。

4

4年次では、引き続き行う高度な研究を**卒業研究**としてまとめます。

成績優秀者を対象にした5年間での修士号取得制度

進学 大学院

成績優秀者を対象に5年間で修士号を取得できるシステムを実施しています。通常の飛び級とは異なり、3年半で学部の卒業資格を得てから、1年半で修士を修了する先進的な制度です。

就職

システムエンジニア
プログラマー
ハードウェア・ソフトウェアの設計エンジニア
ネットワークエンジニア
セキュリティエンジニア
ITのわかる企画・営業職

ITの高度な知識をもった人材への高い社会的ニーズ

社会全体が高度な情報社会へと向かうなか、あらゆる業種においてITの高度な知識・実践力をもった人材はますます必要とされていきます。システムエンジニアやプログラマーはもちろん、メーカー、商社、マスコミ、小売業など、多様な業種へと道が開かれています。

先輩からのメッセージ

コンピュータ理工学部には、ないものは自分たちで作り出そうという進取の気風が溢れています。
また、新しい学部だからこそ実現できた学生の学びを支える制度も充実。
旧来の枠組みに捉われない新しい学びの実際について、
林原尚浩先生と在学生のみなさんに意見交換してもらいました。

参加してくれたみなさん

コーディネーター

林原　尚浩先生
（コンピュータ理工学部助教）

大学院生

氏縄　武尊さん（うじなわ　たける）
先端情報学研究科修士課程1年生
滋賀県立八幡高校出身

学部生

湯浅　麻由さん（ゆあさ　まゆ）
4年生
京都府立洛西高校出身

明石　朋子さん（あかし　ともこ）
1年生
京都府立山城高校出身

平田　大悟さん（ひらた　だいご）
1年生
大阪府立摂津高校出身

コンピュータのプロを育てる万全の教育フォロー

❶ 基礎セミナー
学部の全教員によるリレー形式の講義。1年生を対象に、先生方の専門分野を分かりやすく解説して、自らの興味や関心のある分野を発見してもらう。脳科学から未来のライフスタイルまで幅広い分野にまたがるコンピュータ理工学部の特色を活かした講義。

❷ プロジェクト演習
企画、設計、テスト、納品、マニュアルの作成まで含めた実践的なソフトウェア制作の演習。5人でチームを組み、3ヶ月かけて取り組む。チームを組むことで、作業の分担やチームでの役割の把握、プロジェクトリーダの責務といった実際に企業で必要とされる能力が身につく。

❸ 寺子屋
コンピュータ理工学部独自の修学サポートで週2回開かれているオープンな質問の場。開催時間中には、補助員として大学院生1人と4年生2人が待機し、自由に質問を受け付ける。プロジェクト演習で行き詰まったチームが全員でアドバイスを仰ぐことも。教員も参加している。
学生主催の独自イベントも開催され、コンピュータのチップをはがす体験やパーツからパソコンを組み立てる企画など、講義では体験できないイベントが実施されている。

❹ ランチタイムトーク
毎週1回の昼休みに教室の1室を使って開く参加自由の昼食会。教員の有志が最新のコンピュータ技術についての話題やトピックを紹介したり、大学院生が自身の研究を紹介したりする。
iPadが発売されたときには、いち早く手に入れた教員がランチタイムトークに持参し、その日の話題とすることもあった。

❺ 青木塾
青木淳教授の主催で、夏休みに希望する学生を集めて開かれる。普段の講義では扱うことが難しい、高いレベルの内容に取り組む。意欲が高く、基礎知識のある学生をさらに一段上のレベルに引き上げることが目的。

❻ 入学前教育
AO入試や推薦入試で入学する学生を対象に、1月、2月、3月の3回にわたり数学および英語の課題を出題。3月には大学キャンパスでの入学前事前授業（5日間）も実施している。1年生の講義についていくために必要な学力が確認できる。入学前教育での出題レベルに合わせて入学直後に数学の試験を行い、その結果によっては後述のリメディアル教育の受講を勧めている。

どんなことが学べるの？

林原先生　学問としてコンピュータを学んでもらうため、ソフトウェアを使いこなすだけではなく、コンピュータやプログラミングの背景にある数学や物理学から学びます。その一つ「コンピュータのための数学」は論理学を通してプログラミング言語の論理構造を理解し、表層的な違いに捉われずにさまざまなプログラミング言語を扱える基礎を養います。

氏縄さん　大学で習ったプログラミング言語は「C」と「Java」ですが、他の言語も独学でスムーズに理解できました。触るだけなら20程度の言語に触れました。知れば知るほど、他の言語への興味が深まっていきます。

湯浅さん　普段でも「コンピュータの中で表現したらどうなるだろう？」という視点で見ていることに気が付きます。先日友人と「時間とは何か？」を議論しましたが、グラフィックスで表したら？、1日で2周する円周だから螺旋構造では？、と話が膨らみました。イメージを具現化できるツールとしてコンピュータを捉えられるようになりました。

平田さん　「基礎セミナー」❶で色々な先生方の話を聞くと、この学部は本当に多様な研究ができるところだと感じます。ボーカロイドの研究というのもあって、今までは漠然と誰かが作ったものだとしか考えていなかったのですが、作る側の視点に立つことで考え方が大きく変わりました。

氏縄さん　学部独自の学びだと思うのは「プロジェクト演習」❷です。3ヶ月かけて、チーム5人で企画書から作り、最終的にはソフトウェアを完成させます。

林原先生　チームで行動すると、もめることもあります。しかし、それも勉強のうちだと考えています。その経験が社会に出てから役立つのです。

学部の雰囲気は？

明石さん　「寺子屋」❸では色々なことを教えてもらえます。数学からダウンロードの仕方まで。和気あいあいとしていて楽しかったです。また行きたいですね。

湯浅さん　寺子屋で補助員をしていますが、教えるというより、一緒に考える感じです。

平田さん　友人と寺子屋に集まって得意分野を出し合い、チームプレイで難しい学習内容も乗り切っています。

氏縄さん　寺子屋は先輩・後輩の交流の場としても機能しています。研究室の配属前には「こういうことがしたいけれど、どの研究室がいいのか」という質問もよく聞かれます。

林原先生　高校までと違い、大学には職員室がないので、質問できる場はとても有用です。他にも週1回、昼休みに「ランチタイムトーク」❹を実施しています。昼食を持参して、気取らない雰囲気で、色々な話をします。

氏縄さん　ランチタイムトークのイベント「ライトニングトーク」では、大学院生や4年生が研究テーマについて3分間で話します。先日、Javaのライブラリを使うとTwitterクライアント（Tweet（つぶやき）を送受信するアプリケーション）が簡単に作れる、という話をしましたが、反応は上々でした。

湯浅さん　私もよく参加しました。先生方の趣味の話など、講義とは違う楽しみがあります。他にも、クリスマスにケーキパーティーがあったり、ある研究室が作品展示に使ったり、と自由な雰囲気があります。

林原先生　小さいイベントは毎週のようにあります。デジタルコンテンツ制作合宿というイベントでは、プロのクリエータも呼んで講義を受け、参加者は学ぶところが多かったと思います。

コンピュータは驚きのカタマリ

林原先生　入学前までコンピュータに詳しくなかった多くの学生を、プロにする教育プログラムが用意されています。コマンドを打ち込むことから、プログラミングまで習得し、今までできなかったことをできるようにします。学生にとっては驚きの連続だと思います。

氏縄さん　「青木塾」❺で、メモリの上で計算が物理的にどのように行われているのかを実際に見ることができました。今までイメージせず使っていた部分がはっきりと分かりました。

明石さん　私は、パソコンはマウスをクリックするだけではなく、コマンドを打ち込んで使うものだということが驚きでした。

平田さん　入学前は、画面が文字だらけになるのはバグだと思っていました。今では、慌てずにその文字の意味を考えるようになりました。

数学が苦手でも大丈夫？

湯浅さん　最初、急に数学の講義があって戸惑いましたが、3年生になるころには、プログラムで何かを表現するには数学が必要だと分かってきました。

氏縄さん　プログラム作りは、対象を数学的に考えることから始まります。

林原先生　最近のコンピュータは、数学ができなくてもソフトウェアを使うことはできますが、新しいものを作るためには数学が必要となります。新しいものを作り、発信する人材を育成するのが本学部の目標ですから、数学は欠かせないのです。

明石さん　3月に5日間の「入学前教育」❻で、数学の集中講義を受けました。高校の内容で忘れていたことも多かったので、受講して良かったです。おかげで、講義についていけます。

平田さん　入学後には「リメディアル教育」❼があります。入学直後のテストの成績によっては受講を勧められます。高校で数Ⅲをやっていない人は受けたほうがいいでしょう。

明石さん　成績に関係なく自由に受講できるので、受けておけばよかったと、少し後悔しています。

将来の進路について

湯浅さん　「キャリアセミナー」❽では、本格的な就職活動の前に、自分の希望や適性を分析することができました。全学部対象のものもありますが、これはコンピュータ理工学部生だけのセミナーで、同じ目標や興味を持つ仲間と一緒に取り組めたことで大きな収穫がありました。

氏縄さん　私はプログラムを書いているときが一番楽しいので、それを活かせる仕事が希望です。顧客の求めているものを的確にくみ取り、設計できるシステムエンジニアになりたいと考えています。

湯浅さん　将来の進路について考えていくと、コンピュータがあれば何でもできる、ということに思い当たります。コンピュータを入口にしてその先に可能性を広げていきたい。

林原先生　本学部は、コンピュータそのものの知識だけではなく、幅広い応用分野に触れたり、意見を交換しながらプロジェクトを進める経験もします。また「早期卒業制度」❾では、5年で修士の取得も可能です。すべてコンピュータを作る・使うプロフェッショナルの土台となるものです。
コンピュータを仕事にすることはもちろん、コンピュータの知識を活かして、多様な分野を目指すことができます。全学部が同一キャンパスにあり、他学部の講義を受講できるのも本学の強みです。

❼ リメディアル教育

高校数学の数Ⅱおよび数Ⅲの範囲を1年間かけて再び学び直す学部独自の取り組み。入学直後に行われる試験の結果に基づいて、受講を勧めている。強制ではなく、各自で自由に受講を決められるため、試験結果が良くても、基礎から学び直すために受講する学生も。週に1回、20人〜30人程度のクラスで、主に微積分を中心に演習形式の授業を行っている。

❽ キャリアセミナー

学外からキャリアアドバイザーを呼んで行われるコンピュータ理工学部生専用の本格的なセミナー。入学直後の「自己発見レポート」から始まり、性格や行動パターンなどを自分自身で把握、将来の進路選択に役立てる。
グループでの作業を通して、自己表現力と他者理解力を磨きながら協調して作業を完遂させる取り組みや、模擬面接、グループディスカッションなど採用試験に直結する実践的な実習も行う。また、卒業生から体験談を聴いたり、情報交換を行う機会も設けている。

❾ 早期卒業制度
成績優秀者を対象として3年半での学部卒業を認めている。通常3年での飛び級では取得できない学士号が取得可能であり、さらに優秀な学生は通常2年かかる修士課程を1年半で修了、最短5年で学士と修士の学位が取得できる。コンピュータの分野は学部卒でも就職先が多いが、多くの学生に高度な研究を実践し、修士課程まで修めてほしいという思いから創設された学部独自のシステム。

高度な実験施設やスタジオ、ウッドデッキテラスも完備された理想の研究環境

コンピュータ理工学部が主に使う京都産業大学14号館は、2009年9月に竣工した真新しい校舎。最先端のコンピュータ理工学を学ぶ場として相応しい洗練されたデザインと数々の高度な実験施設を備える。

地上3階、地下1階の校舎に、教員の研究室、教室のほか、特別研究実験室や心理実験室、メディアスタジオといった実験や実習のための設備が入る。脳から直接コンピュータを操作するBMI(Brain-Machine Interface)の実験設備や地中電磁波を測定する実験室もあり、次の時代の最先端技術に対応したさまざまな実験設備が整っている。

「学部生と大学院生がともに学ぶ」という独自の設計思想のもとデザインされたため、新しく入ってきた学生にとって親しみやすい工夫も数多い。扉を開けなくても中の様子が分かるシースルーの壁や独立した履修相談室、落ち着いた雰囲気のエントランスやウッドデッキテラスなどもその一例。

実験住宅 ΞHome（くすぃーほーむ）

14号館3Fには、実験住宅「ΞHome」(くすぃーほーむ)が建てられている。将来の住環境や生活スタイルの研究のため、実際に住むことができる家を使って実験する施設だ。日常生活での人の行動や特性を分析することから、未来の生活空間を支える技術を考え、その技術やシステムを実際に試作して、評価することまですべてここで行うことができる。

「ユビキタスコンピューティング」の概念である「身の周りの様々なものや場所に埋め込まれた機能を意識せずに使う」を実現するべく、いたるところにプロジェクタやセンサ類が埋め込まれ、さまざまな利用法が試されている。コミュニケーションロボット(写真中央)がユーザをサポートする研究も進められている。

現在進められている実験の1つ。天井設置プロジェクタを使って操作ボタンなどを目前の箇所に投影し、さまざまな機能を提供する実験。環境に埋め込まれたタッチセンサと連動させることで、お風呂やキッチンなどで手が濡れていても問題なく操作することができる。操作ボタンとしてだけではなく、楽器やDJ装置として使うなど、生活を楽しむためのユニークなエンタテインメント応用も試みられている。

コンピュータ理工学部トピックス

林原尚浩助教が情報処理学会の山下記念研究賞を受賞

2011年3月、林原尚浩助教が、前年度の情報処理学会研究会およびシンポジウム発表論文のうち、優秀なものを研究会ごとに1編～2編選定し表彰する賞・山下記念研究賞を受賞しました。

荻野晃大講師が日本感性工学会2011年論文賞を受賞

2011年9月、荻野晃大講師の「飽きを感じる感性のモデル化に関する研究」が日本感性工学会2011論文賞を受賞。人が飽きを感じる過程をモデル化し、コンピュータでのシミュレーションを考察した論文です。

平井重行准教授らの共同制作作品(Bathcratch)がトリプル受賞

平井重行准教授のグループによる共同制作作品(Bathcratch)が、エンタテインメントコンピューティング2011に於いて、展示発表賞、カンテーレ賞、芸術科学会賞の計3賞を同時受賞しました。

河合由起子准教授、秋山豊和准教授らの共著論文が最優秀インタラクティブ賞を受賞

2012年3月、河合由起子准教授、秋山豊和准教授らの共著論文「ページを通したユーザコミュニケーション拡張手法の検討」がDEIM2012※に於いて、最優秀インタラクティブ賞を受賞しました。

※第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム

コンピュータサイエンス学科

青木　淳	教授	可視化･可聴化･可触化
井上訓行	教授	論理システムの計算機援用設計
荻原剛志	教授	ソフトウェア構成方法の研究
玉田春昭	助教	ソフトウェアセキュリティ
筒井　稔	教授	地中岩盤からの電磁波パルスと地震との関係
坪井泰住	教授	次世代コンピュータハードウェアの基礎研究
外山政文	教授	量子情報通信の数理と物理
新實治男	教授	(超)並列型コンピュータシステム
林原尚浩	助教	耐故障分散システム

ネットワークメディア学科

秋山豊和	准教授	インターネットミドルウェアとその応用
大本英徹	教授	ネットワーク応用型情報システムの研究
蚊野　浩	教授	画像･映像メディアの研究と応用
竹内　勉	教授	MIMO無線LAN通信システムの研究
中島伸介	准教授	Webコンピューティング
平石裕実	教授	論理設計検証に関する研究
水口　充	教授	新しいコンピューティング応用の創造
宮森　恒	准教授	大量データの意味･質の分析と新しい価値創造
安田　豊	講師	高速ネットワークと大規模分散処理

インテリジェントシステム学科

赤﨑孝文	准教授	ヒトと機械をつなぐ技術の応用研究
伊藤浩之	教授	生体･脳の情報処理の実験的･数理科学的研究
上田博唯	教授	ロボットと暮らす
岡田憲志	教授	音声、画像、センサによるコンピュータ制御
岡田英彦	教授	ユーザインタフェース評価手法の研究
荻野晃大	講師	デザインに関する人の感性をモデル化する研究
奥田次郎	准教授	人間の高次認知機能と脳情報処理
河合由起子	准教授	情報推薦とコミュニケーション技術
小林　聡	教授	知的活動を支援するソフトウェア
平井重行	准教授	ユビキタス環境／音楽･エンタテインメント

実用化されたばかりの頃のコンピュータには、
キーボードしかついていませんでした。
それが現在では、視覚へと作用する情報を数値で作り出し、
モニターでものを「見る」、スピーカーで音を「聴く」ことが可能になっています。
そしていま、「触る」技術も、身近に広まる一歩手前まで来ています。
可触化を実現しているインタフェース“スパイダー”について
青木淳先生にお話しいただきました。

コンピュータサイエンス学科
青木　淳 教授

触る!コンピュータで演出される物体や力場に

コンピュータの発展の歴史

私が研究しているのは「可触化」という技術です。これはコンピュータの中で「ものに触る」感覚を実現しようという試みです。コンピュータでは、見ること、聴くことが可能になりましたが、触覚については、長い間なおざりにされてきました。

可触化の技術が進まなかったのは、その再現の困難さに一因があります。人間の目は、0.1秒程度の差しか感知できません。耳は0.01秒程度の音の差まで感知できます。一方、触覚は0.001秒程度の差さえ感知できると言われます。皆さんも、ものの表面が平らかどうかを確かめるとき、目で見ても音を聞いてもわからなければ、手で触って確認するでしょう。それだけ触覚は正確なものなのです。

もし触覚をだまそうとするならば、1秒間に2千回ほどモータを動かして微調整し続けないとすぐに違和感が伝わってしまいます。それだけコンピュータにかかる負担が大きいのです。可触化の技術は、コンピュータ技術が発展したことで、初めて実現可能になったのです。

スパイダー
(SPIDAR:Space Interface Device for Artificial Reality)

私たちが研究に用いているのは、東京工業大学精密工学研究所で開発された仮想現実のための空間インタフェース装置で、その名をスパイダーと言います。

スパイダーは8本の糸で釣られた球状で、マウスに相当するボールは上下左右に自在に動いて、ひねることもできます。コンピュータのモニターにはスパイダーのボールに相当するものが表示されます。モニター中のボールが壁にぶつかれば、手元のボールもそれ以上先には動きませんし、壁沿いにボールを擦りつければ、手元に表面の接触を感じます。

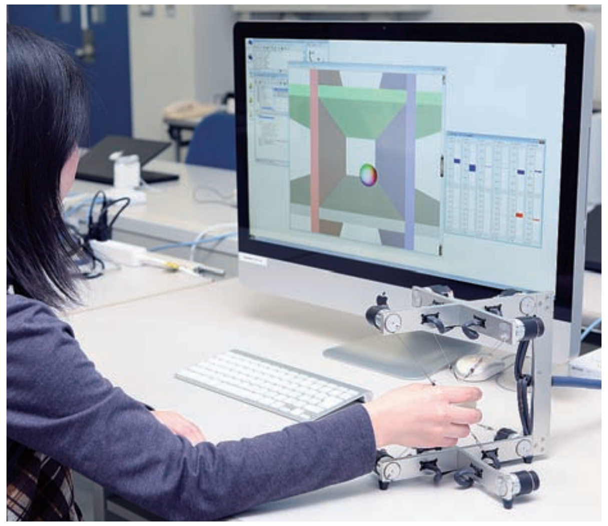
スパイダーを3次元のマウスのように使うことにも取り組んでいます。写真のように、画面の中のボールを接触させて、ブロックを手でつかんだように持ち上げることができます。この時、手元にはブロックの分だけ重みが感じられます。設定を変更すれば、壁やブロックの弾力、感触も自由に変えられます。

今後の可能性

スパイダーにはさまざまな応用が期待されます。たとえば、最新技術がすぐに反映されやすいゲーム。最近の3Dセンサーをリモコンに搭載したスポーツゲームなども、可触化の技術を用いれば、現実と変わらない感覚を再現できるでしょう。教育にも応用できます。原子や分子の間に働く力など、実際に触れることができない力に触って、さまざまなフォースフィールド（力場）の形状をこの手の感触として体験できるでしょう。

可触化を実現するインタフェースにはさまざまなものが考えられていますが、スパイダーの利点は、巨大化することが簡単なことです。糸を頑丈なワイヤーにして部屋いっぱいに張り、中央に等身大のぬいぐるみを吊るしてそれをインタフェースにすることもできます。

可聴化や可視化の技術と組み合わせることで、さらなる可能性も広がります。3D技術と結びつけばリアリティが加わりますし、空間上のさまざまなポイントに音を割り当てて、スパイダーを動かすことで音楽を演奏するのも楽しいでしょう。私たちの最終的な目標は、視覚・聴覚・触覚の融合です。その実現を探りながら、五感に訴えるものと現代世界との関係を考えていきたいと思っています。



スパイダーはとても精巧なつくりで、体験した人の多くが驚きの声をあげる。

ブロックを別のブロックにぶつけると抵抗を感じる。さまざまな方向に回転させて、本物の積み木のように遊ぶこともできる。

コンピュータの「頭脳」を司るのは、
LSI(Large Scale Integration ／大規模集積回路)と呼ばれる小さなチップ。
1ミリの数万分の1（サブミクロン）単位の回路が無数に集まってできています。
非常に複雑なため人の手で設計することは不可能で、
コンピュータの力を借りて設計しています。
この情報社会を支える大元の基盤技術について
井上訓行先生にお教えいただきました。

コンピュータサイエンス学科
井上　訓行 教授

コンピュータの頭脳を設計する

コンピュータの原理は、たった一つの回路

現在の形のコンピュータが発明されておよそ半世紀。計算速度や扱えるデータの量は飛躍的に増大しましたが、コンピュータが動く原理はほとんど変わっていません。

コンピュータは様々なデータを扱いますが、どんなデータも、0と1だけで表されています。たとえば、回路に電流が流れているときが1、流れていないときが0です。一見複雑に見えるコンピュータも、実はわずかな種類の「ゲート」と呼ばれる単位から構成されています。

これらのゲートはさらにたった一種類のゲートで置き換えることができます。それが「NANDゲート」と呼ばれるものです（図①）。たった一種類のゲートの組み合わせでコンピュータの回路ができているというのは、信じられない話かも知れません。しかし、みなさんが使っているコンピュータもそうなのです。

LSIの設計に欠かせないコンピュータ

LSIができるまでは、ゲートをつなぐ作業は手作業による配線でした（写真上）。現在、ひとつのNANDゲートは数万分の1ミリ単位にまで小さくなり何百万個という単位でLSIの中に組込まれます（写真1）。回路の設計、ゲートの配置、ゲートの間の配線などが、非常に複雑になっています。

そこで、コンピュータを使って回路の設計からLSIのレイアウトまでも行うCAD（Computer Aided Design／計算機援用設計）が主流になっています（写真2）。設計者は「コンピュータにどんな機能を持たせたいのか」をHDL（Hardware Description Language／ハードウェア記述言語）と呼ばれる言語で記述します。次に、その記述を実現するための論理設計をコンピュータが行って回路を作り、LSIに組み込んでいくのです。

実際に設計してみる

私の研究室では4年次に、実際にコンピュータの頭脳であるLSIを設計してもらいます。何かについて学ぶには、それを作ってみることが一番早いからです。

図②のようなディスプレイで「数字を表示する」という、簡単な機能ひとつをとっても、そのための回路が必要になります。ある数字を表示させるには、どの部分を光らせてどの部分を消すかを決める回路が必要です。「8」を表示させたいときはすべての部分を光らせます。「0」のときはdだけ消し、「3」はbとeだけを消します。これで、0から9までの数字を表示することができます。

それでは、4桁の数字を表示するにはどうしたらいいでしょうか。このディスプレイを4つ並べ、それぞれに回路を付けても、もちろんかまいません。しかし、同じ回路を4つ別々に付けるのは、回路全体を小さくするためにも、消費電力を抑えるためにもマイナスです。そこで、1つの回路を4回使う方法を考えます。4つのディスプレイのそれぞれを、人間の目では分からないぐらいの速さで交互に切り替えるのです。こうすれば、4つの数字が同時に表示されているように見えるのです。

このように、より速く、小さく、省電力化された回路を作る工夫をするなかで、回路設計への理解は一層深まっていくのです。

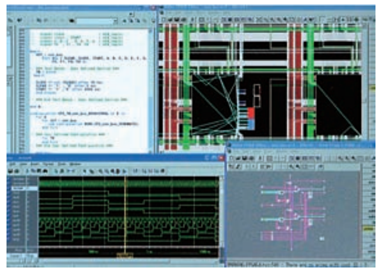


写真2　CAD（計算機援用設計）の画面

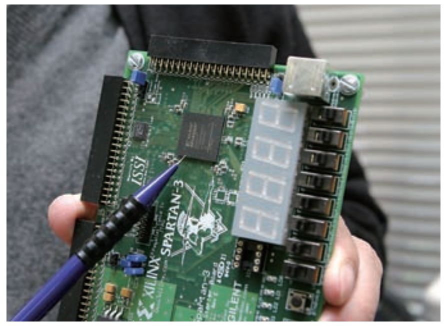
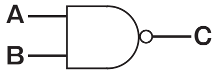


写真1　現代のLSI
コンピュータによる設計が行われる以前、この小さなチップと同じ機能を実現するためには、上の写真の井上教授が手にしているぐらいの大きさが必要だった。

図①NANDゲート

●論理記号

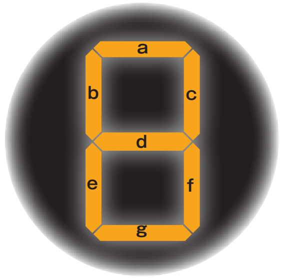


●真理値表
ゲートでの入出力を一覧表としてまとめたものを「真理値表」と呼びます。このゲートの場合は、次のような表になります。A、Bの両方が1のとき、Cが0になり、それ以外のときCは1になります。

A（入力）	B（入力）	C（出力）
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	1

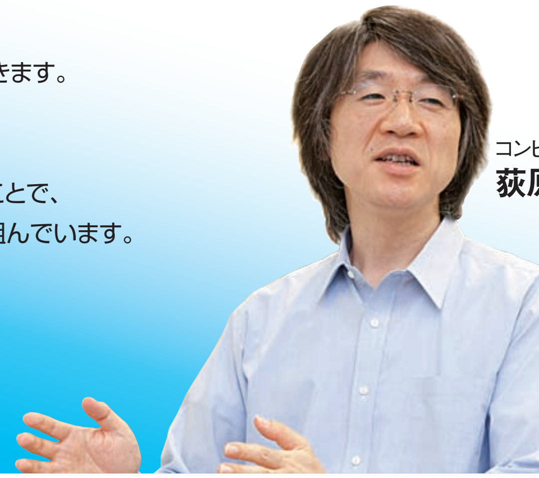
●論理式
入出力値の組み合わせは数式としても表すことができ、NANDゲートの場合は、次のようになります。このような数式のことを「論理式」といいます。出力Cを入力A、Bの否定$\overline{A}$、$\overline{B}$の和と表すこともできます。

$$C = \overline{A \cdot B}$$



図②数字表示ディスプレイ

生活の中でコンピュータの必要性が高まるにつれて、
コンピュータを動かすためのソフトウェアもたくさん必要になってきます。
ソフトウェアを作るとき、モジュール（部品）とモジュールとを
くっつける役目を担うのが「グルーコード」と呼ばれるプログラム。
荻原剛志先生は、グルーコードを簡略化したり、不要にしたりすることで、
ソフトウェア開発の効率をもっと高められると考えて、研究に取り組んでいます。
その具体的な方法についてお話を伺いました。



コンピュータサイエンス学科
荻原　剛志 教授

C言語のモジュールを簡単につなげる新しい概念「coval」

モジュール同士をくっつけるプログラム

炊飯器や冷蔵庫といった一般家電にもコンピュータが組み込まれるようになり、私たちはたくさんのコンピュータに囲まれて生活しています。コンピュータが増えれば、ソフトウェアも大量に必要となりますが、それらを生み出すのは、システムエンジニアやプログラマなど「人の手」です。人の手による作業ですから、当然ミスも起こり得ます。

現在のソフトウェアの開発現場では、すでに出来上がった「モジュール」と呼ばれるソフトウェアの部品を組み合わせることで、新しいソフトウェアを作ることが少なくありません。モジュール単体ではきちんと動くことが確認されているため、組み立ての際にミスさえなければ、正確かつ効率的に新しいソフトウェアを作ることができます。

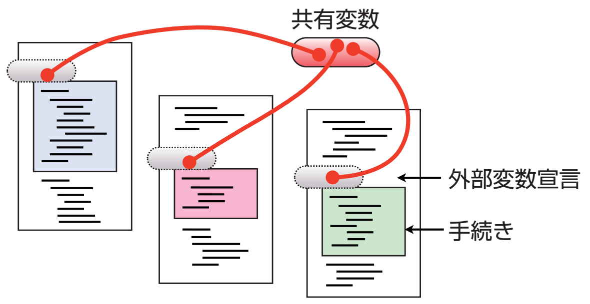
このとき、プログラマが作るのはモジュール同士をつなぐための「グルーコード」と呼ばれるプログラムです。糊（グルー）の役割をするコードというわけです。

コンポーネント指向プログラミング

現在のようにソフトウェアのプログラムが膨大な大きさになってくると、グルーコードを作ったり直したりすること自体が膨大な作業となり、そこにミスが起きる余地が出来てしまいます。

近年はグルーコードの記述を抑えるソフトウェア開発手法も考えられていますが、よく使われるC言語というプログラム言語には、そのような手法が使えません。特に日本が得意とする組込みソフトウェアはC言語での開発が多く、モジュールがC言語で書かれています。

covalの概念　モジュール間で共有する変数と、共有変数が変更された時に起動する手続きから構成する。



C言語はそのまま使いたい、けれどもグルーコードは減らしたい、という相反する希望を叶えるため、私は「coval」という仕組みを提案しました（上図）。

covalは、モジュール間で共有する変数と、共有変数が変更された時に起動する手続きから成っています。各モジュールに設置され、あるモジュールが値を変更すると、共有しているモジュールに通知が送られます。通知を受け取るとcovalに記述されている手続きが実行されます（図1）。

図2のソフトウェアは、スライダーやテキストフィールドに入力された数値をグラフに変換するものです。逆に、グラフを変形させるとスライダーやテキストフィールドの数値も変わります。

このようなソフトウェアを作るとき、従来の方法では、スライダー、テキストフィールド、グラフ、それぞれのモジュールをつなぐため、数値を管理するグルーコードが必要でした。しかし、covalを導入すれば、グルーコードを減らしてシンプルに同じソフトウェアを作ることができます。

covalには、グルーコードによるミスを大きく減らし、モジュールやデバイスを後から付け加えても、グルーコードを作り直す必要がない、というメリットがあります。

このような開発思想のことを「コンポーネント指向」と呼びます。コンポーネントステレオの各ユニットのように、ユニットの追加があっても配線をつなぐだけで使えるようにしようという考えかたです。

新しい仕組みがゴールではない

私は、C言語のグルーコードをなくすための研究で、文部科学省からの科学研究費の交付を受け、covalによるプログラム開発に取り組んでいます。現在は実際の組込みシステムの環境でもちゃんと動く仕組みを実現するなど、より高度な改良を進めています。

とはいえ、私たちの研究では「こんな仕組みを作りました」ということが最終的なゴールではありません。今まで難しかったことがどれほど簡単になり世の中に役に立っているかを示す必要があるのです。さらに、新しい仕組みを用いるプログラミングの考え方や、開発の方法論を提案していきたいと思っています。

図1

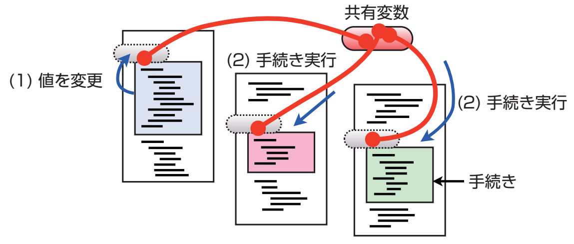
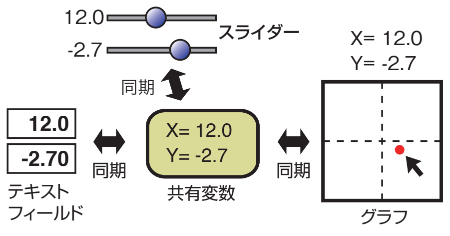


図2　ソフトウェアの部品をつなげる例



ワードやエクセルといったアプリケーションソフト、電子メール、
インターネットブラウザから映像、音楽、ゲームソフトといったコンテンツにいたるまで、
ソフトウェアは生活のあらゆる場面で欠かすことのできない存在になっています。
ソフトウェアを対象とする「ソフトウェア工学」の中でも、
ソフトウェアやその内部の秘密情報を保護する「ソフトウェアセキュリティ」の分野で
活躍される玉田春昭先生に、盗用発見の新技術
“バースマーク”について話していただきました。

コンピュータサイエンス学科
玉田　春昭 助教

バースマーク（プログラム指紋）による盗用発見

増える盗用事例“プログラム指紋”で盗用を見つけ出す

現在、ソフトウェアの違法コピーや盗用の事例は、意図しないものを含めて、後をたちません。プログラムを暗号化する、簡単に読めないように難読化するといった保護手段が多数考え出されてきましたが、新しい防御方法を考え出しては破られるといういたちごっこが続いています。また、盗用を発見すること自体も難しくなってきました。

そこで私は、盗用発見の新しい技術として、ソフトウェアの実行に不可欠な特徴に注目した「バースマーク（Birthmark）」を提案しました。“指紋”を応用して考え出した方法で、着想は推理小説から得ました。当初は「プログラム指紋」という名を使っていましたが、ある先生から「これはバースマークだね」と教えられて、Groverが定義していた「バースマーク」を盗用発見の道具として定義し直して使うことになりました※1。

バースマークからソフトウェアの類似性をはかる

盗まれたことを証明する手段としては、著作権などの情報をソフトウェアに密かに埋め込んでおく「電子透かし」の技術がよく知られています。しかし、「盗用発見」の手段としては、壊される可能性やあらかじめ埋め込んでおかなければいけない点から不十分です。

ソフトウェアの設計図であるソースコードのコピーを見つけたり類似度を測ったりする方法も提案されていますが、ほとんどのソフトウェアはソースコードをコンピュータ上で実行可能なバイナリレベル※2に変換した形で出回っています。そのため、変換された状態で比較できることが求められているのです。

そこで私は、①難読化も含めたプログラム変換を行っても変化しないこと（保存性）、②全く同じように機能するプログラムであっても、別の人が独立して作った場合、正しく区別できること（弁別性）、という2つの性質を満たすものとして、バースマークを定義しました。具体的な内容は省略しますが、2003年に4種類のバースマークを提案し、上記の性質を満たすことを確かめました。

現在、17のバースマークをJavaクラスファイルから抽出して比較できるツール“stigmata”を、インターネット上で公開しています※3。平均的なサイズのソフトウェアであれば、10秒かからずに比較ができます。

ソフトウェアの保守とバースマークの応用

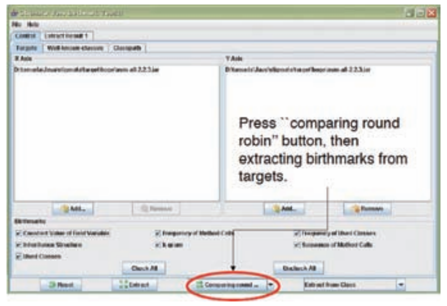
現在、バースマークは、アメリカや韓国、ドイツなどでも提案されていて、合わせて30以上存在しています。バースマークの種類が増えると、互いに弱点を補うことができるものの、比較にかかる時間は長くなってしまいます。それでも他の手法よりは短い時間でできますが、より高速で無駄なく比較ができるように「どういう種類のソフトウェアには、どういうバースマークを組み合わせるべきか」がわかる、バースマークの評価ツールの開発を目指しています。

盗用発見以外への応用も考えています。ソフトウェアはメンテナンス時に、元のデータのコピーに手を加えて再開発することが少なくありません。これまで、新しい部分の不具合は人の記憶や感覚的なもので確認されていました。しかし、stigmataを使えば、新しくなった部分を特定して、重点的にテストすることが可能になります。その他、プログラミング課題のコピーの発見などにも使えます。

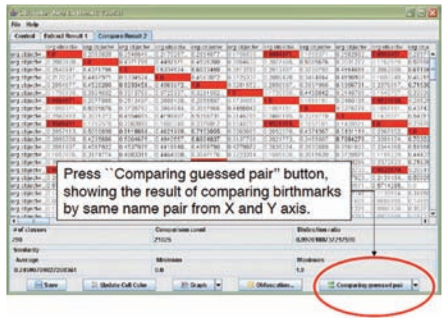
現在、あらゆる分野でソフトウェアが使われています。その数は今後さらに増えるでしょう。こうした中で、他人の作成したソフトウェアを許可なく自分のソフトウェアに組み込んだり（盗用）、内部の秘密情報を改ざんしたり（クラック）することを抑止・防止するソフトウェアセキュリティの分野は、ますます重要な役割を担うようになると思います。

※1　Derrick Groverの『The protection of computer software its Technology and application』（1989年）の中で「ソフトウェアが元来持っている特徴」といった意味で定義づけられている。
※2　「0」と「1」で構成される、機械（コンピュータ）が実行可能な表現形式。
※3　http://stigmata.sourceforge.jpで公開されている。

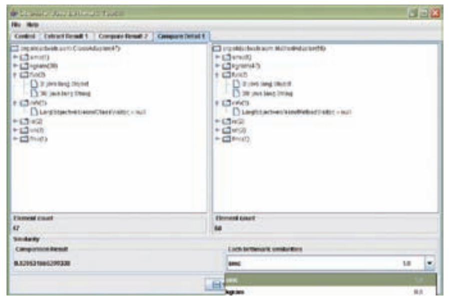
図　Stigmataの比較画面



Stigmataで２つのソフトウェアの類似度を測定するインターフェース

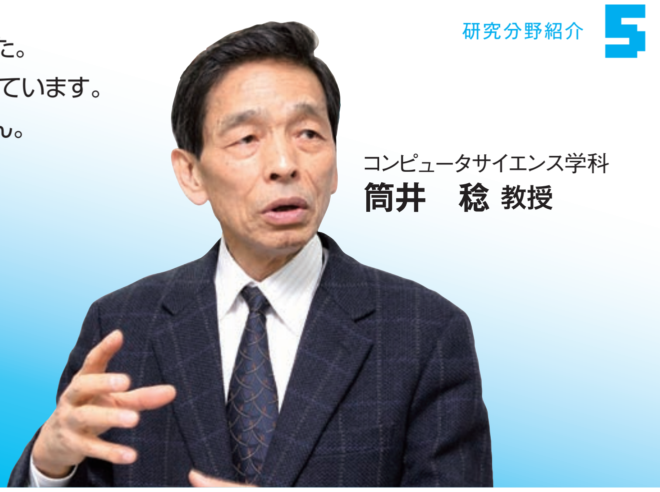


ソフトウェアの部品の総当たり比較結果。赤い部分がコピーの疑いが高いもの（対角線状に赤くなっているのは同じ部品同士を比べているため）



類似性計算の根拠となる情報を表示する画面

あの阪神淡路大震災から17年。昨年は再び、東北地方を巨大地震が襲いました。
今後想定される大震災に備え、全国各地でさまざまな防災対策や訓練が行われています。
しかし一方で、確度の高い地震予知システムの研究は遅々として進んでいません。
そんな中、電磁波についての長年の研究をベースに、
地中の電磁波を捉えて地震予知につなげようと精力的に研究を続けられている
筒井稔先生の最新の成果をご紹介します。



コンピュータサイエンス学科
筒井　稔 教授

誰も挑戦しなかった 地中電磁波による地震予知

世界でまだ誰もしていない予知方法

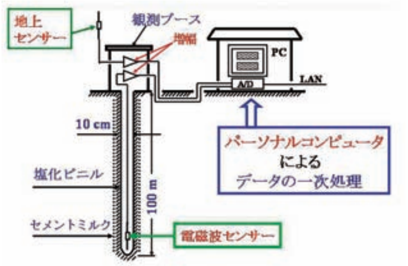
巨大地震では、地殻と地殻との間での衝撃により電気を発生させる圧電現象※1も大きく、強い電磁波パルス(electromagnetic pulse)※2が発生します※3。地震発生に至らない程度の衝撃があっても電磁波パルスを発生する可能性があるので、それを捉えて波源位置を確定し、地震発生と位置および時刻との関連を調査すれば、世界でまだ誰も完成できていない地震予知システムが確立できるはずです。

そのためにはまず、検出装置を作ることから始めなければなりませんでした。特に、観測やデータ分析の方法などについてはまさに試行錯誤の連続でした。

雷を逃れて雷の神様へ

キャンパス内地下100mに実験的に設置した電磁波パルス到来方位測定用センサーシステム(図1)を使って地中電磁波の探索を始めました。最も苦労させられたのが地上電磁波の混入でした。家々の電気機器や照明、送電線が放射するものなど、地上にはさまざまな電磁波が飛び交い、多くは地下100mへも到達します。中でも雷は、広域で見れば常に発生していて、送電網に沿って伝搬しながら再放射されるため、遥か遠方からでも楽々と観測点にまで到達します。さらに、汎地球的に発生している雷放電が、電離層と地表面との間で跳ね返りながら長距離を伝わるトゥイーク空電も頻繁に検出されます。研究を進めれば進めるほど、地下と地上とで電磁波の波形や振幅が異なっても、安易に地中からの信号だとは断定できないことが分かってきました。

図1



また、2004年1月6日、熊野灘沖地震による電磁波パルスを検出し、震源を捉えた最初の成果(図2)では、震源が陸地近くにあり、海岸線に辿り着いた電磁波が地上に漏れ出し、地上伝搬波として捉えられたものでした。

このような経験から、地上の電磁波の影響を受けない観測点を探し続け、2010年、和歌山県串本町樫野地区(紀伊大島)にある、その名も雷公(なるかみ)神社の脇に最適な場所を見つけることができました(写真1)※4。

図2

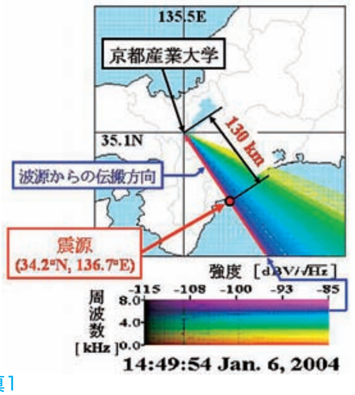


写真1

最新鋭のセンサーが完成

この間、センサーの改良にも取り組んできました。当初、磁界は水平の直交2成分、電界は垂直の1成分のデータを用いて水平到来方位を確定するものでした。しかし、地中の発生源を求めるには、深さ方向も知る必要があります。電界・磁界ともにそれぞれ、水平直交2成分、垂直1成分の3成分、合計6成分を検出し、3次元到来方位を計算しなければなりません。そこで開発したのが、三軸磁界サーチコイルと地中電界三軸成分検出用ダイポールアンテナを組み合わせた3次元電磁界成分検出用センサーシステムです(写真2)。地上なら、水平方向にアンテナを長くするだけでいいのですが、地下の直径わずか20㎝以下の筒の中で、いかに水平電界の振動成分の検出感度を上げるかを工夫しました。直交する同じ長さのダイポールアンテナを、一定間隔で深さ方向に複数組つなげる形を考案しました(写真3　直交ダイポールアレイ:アレイは配列という意味)。

写真2

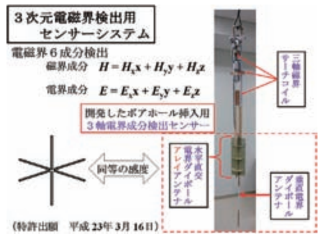
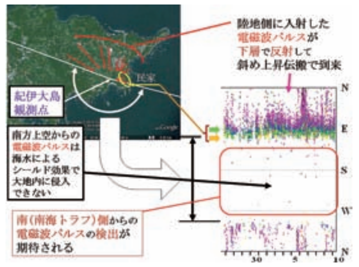


写真3

これによって、水平に長く伸ばしたものと同じ感度を得ることができました。検出信号の取り出し方には特別な方法が必要で、現在、特許出願中です。

最も新しい紀伊大島観測点は、東南海大地震に影響する南海トラフに近く、しかも間には海しかありません。地上からの電磁波は海水中で減衰されて海底まで到来しませんから、地中起源のものだけを捉える確率はきわめて高いと期待しています(図3)。

図3



地震大国の日本、いつ起こるかしれない次のXデーに向けて、世界初の予知システムの確立を急いでいます。

※1　圧電効果ともいわれる。力学的エネルギーが電気的エネルギーに変換されること。逆に電気的エネルギーによって岩石に歪みを生じさせる事を逆圧電効果といい、クォーツ時計はこの両方の効果の繰り返し(発振現象)を利用している。
※2　雷など火花放電によって発生するパルス状(瞬間的に急激な変化をする波の状態)の電磁波。
※3　京都大学防災研究所と行った共同実験で、硬い岩石に強い衝撃力をかけると電磁波が出ることが実証された。
※4　観測点は他に、大学構内(京都産業大学観測点)、和歌山県白浜町の京都大学フィールド科学教育・研究センター瀬戸臨界実験所内に2008年から設置したもの(白浜観測点)がある。

テレビの歴史はまだ新しく、日本で本放送が始まったのは1953年のことです。
しかし、その後の進化はめざましく、厚くて重いブラウン管から、
半世紀の間に薄くて大きな画面の液晶やプラズマが主流の時代になりました。
そして今、次世代テレビとして熱い注目を浴びるのが
坪井泰住先生の研究開発テーマでもある「有機ELテレビ」です。
薄くて軽く、将来的には紙のように丸めたり曲げたりできるようになるという
最新技術についてお話を伺いました。

コンピュータサイエンス学科
坪井　泰住 教授

次世代ディスプレイ「有機EL」への進化

軽くて曲げられるテレビ?

薄型テレビの理想形は紙のように薄く、誰もが手軽に持ち運べ、どこでもキレイに見られるディスプレイです。それを一気に可能にしたのが「有機EL」の技術。「有機」は有機半導体、そしてELはElectro Luminescenceの略で、電圧をかけると電流が流れ発光する現象のことです。

ELの原理を図1で示します。有機半導体に電圧をかけると、マイナスの電荷を持つ「電子」とプラスの電荷を持つ「ホール(正孔)」が有機半導体内に注入されます。両者が発光性有機半導体層でぶつかり、結合すると有機分子は「励起子」と呼ばれる高いエネルギー状態(＝励起状態)になります。しかし、物質はエネルギーの低い安定状態(＝基底状態)を好むため、すぐに基底状態に戻ります。その時、励起エネルギーが光に変わるのです。光る色は励起エネルギーの大小により決まります。赤、緑、青の発光素子を一組にして、たくさん並べるとカラーテレビになります。

図1では電子とホールが衝突せずに素通りする確率が大きいため、実際の有機EL素子の構造は図2のように、発光層を挟んだ5層の有機物の薄膜を基板上に重ねたものになります。基板を除いた素子の厚さは1ミクロン以下と超薄型です。電荷を入りやすくする注入層、それを発光層にスムーズに運ぶ輸送層に分かれています。電圧をかけると、ホールと電子は、これらの層を通って発光層に到達し、先ほど説明した仕組みで光ります。

陽極側を透明電極にすれば、有機EL素子の発光層内で発生した光を外部へ取り出すことができます。基板を薄いプラスチックにすると、軽くて曲げられるディスプレイになります。

有機ELテレビ実現までの困難

ケータイやオーディオなどでの小さな画面での実用化を経て、ついに2007年12月、世界で初めて日本のメーカーが有機ELテレビの製品化にこぎつけました。その後、韓国メーカーの猛追などがあり、国際的な開発競争が激化しています。

テレビへの実用化に時間がかかったのは、有機ELは無機半導体のように結晶ではなく、不規則に並んだ個々の分子を発光させる仕組みのため、材料の劣化が激しいからです。画面が大きくなるほどこの問題は困難になります。しかも、テレビなら最低でも5万時間の稼働に耐えられないと製品になりません。

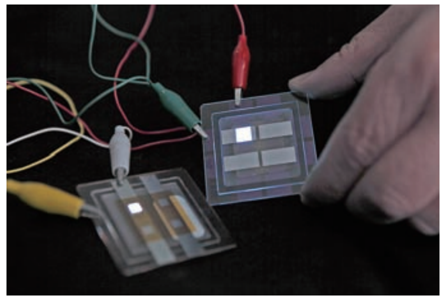
そこで耐久性の高い分子構造を研究する一方、小さい電圧で明るく光る素材を求めて、化学を専門にする研究者と協力して新たな有機物を設計し、材料開発を続けています。

有機ELが広げる次代への夢

有機ELを応用すれば画期的な照明器具も可能になります。省スペースで陰もできず、どんな形にもでき、紙のような薄くて軽い平面型の照明ができます。省電力で熱を出さない冷光であるなど、これまでの照明の概念を覆すものになります。この次世代照明にも本学は取り組んでいます。素子構造と材料に工夫を重ねて世界的にトップレベルの効率を達成しています。

また、電気を光に換える有機EL素子の性質を逆に利用すると、光から電気を作り出す有機太陽電池も考えられます。有機材料の研究と技術開発がさらに進めば、従来の無機半導体が持ついろいろな機能を有機半導体で実現できるでしょう。

現在大部分の工業製品は無機材料からできています。生産段階でも使用段階でも多量のエネルギーを必要とし、環境に大きな負担をかけています。これに対し、有機材料はいずれの段階でもエネルギーやコストが大幅に抑えられる環境にやさしい素材です。エネルギー問題を避けては通れない現代、まさに有機エレクトロニクスは待望の技術です。有機材料を利用した高機能の製品がどんどん登場する時代が早く訪れることが、私たち物質の性質を調べ新しい素材を作り出す研究者の願いです。



5ボルトの電圧をかけて実際に白色有機EL素子を光らせているところ

図1

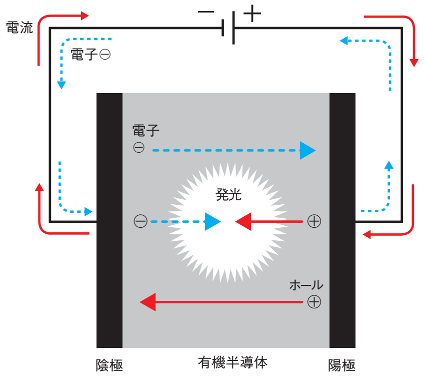
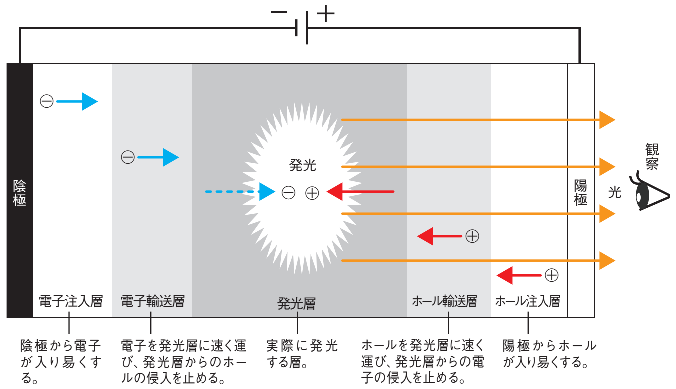


図2



未来のコンピュータと言われる量子コンピュータ。
量子力学の原理を動作原理とし、従来の不可能を可能にするテクノロジーです。
現在のコンピュータでは宇宙の年齢ほどの長い時間がかかってしまう計算でも、
極めて短時間で解いてしまいます。
しかしその実現には、コンピュータ上で効率よく機能する量子アルゴリズムが不可欠です。
最先端技術のロジックを研究する外山政文先生に、お話を伺いました。

コンピュータサイエンス学科
外山　政文 教授

量子コンピュータの頭脳 ——量子アルゴリズム

2つの状態が重なりあった量子ビット

私たちが普段使う従来型のコンピュータ（量子コンピュータに対して「古典コンピュータ」と呼びます）では、全ての情報は0と1の組み合わせで表現されます。これを「ビット（bit）」と呼びます。古典コンピュータの中では、このビット列を変換し異なる状態にすることを繰り返して計算を行っています。

ドイチ（David Deutsch, 1953-）という物理学者が考案した量子コンピュータも、同じような |0>、|1>という「量子ビット」を操作する機械ですが、この |0>、|1>は数学的な0と1を意味するのではなく、いわゆる"量子"の"状態"を表しています。この"量子状態"という概念に量子力学の不思議が凝縮しているのですが、量子状態としての量子ビットは上記の古典ビットとは違い、0か1かだけではなく、その"中間的"な状態も取ることができます。

中間というと0.5などの値を思い浮かべるかも知れませんが、そうではありません。0の状態 |0>と1の状態 |1>の両方を、同時にとることができるのです。この私たちの日常経験の常識に反した量子ビットの奇妙な性質は、量子コンピュータが量子力学の原理に基づいているためです。

量子力学は、ミクロの世界での物質の振る舞いを明らかにする力学で、直観とは全く異なる世界像を受け入れることを私たちに強います。だからこそ、量子コンピュータは従来のコンピュータとは全く異なるコンピュータになるのです。

1つの量子ビットは、上記のように |0>と |1>がある確率で重なり合った状態をとります。この重ね合わせ状態は誰も見ていない時は保たれますが、その状態を観測すると、例えば50%の確率で |0>に、50%の確率で |1>になります。量子力学では、これを測定による状態の収縮と言いますが、実は、これが量子計算にとって重要な要素になります。

ただの箱に命を吹き込む量子アルゴリズム

古典ビットは、例えば、3つ並べた<000>や<010>といった個々の情報を個別にしか扱えません。しかし、量子ビットでは、|000>から |111>まで、8つの全ての状態を同時に扱えるのです。40個量子ビットを並べれば、扱える状態は1兆にもなります。この1兆個の状態に対してある処理を行うと1兆個の重ね合わさった全ての状態に対して並列的にその処理が行われます。

しかし先に述べたように、1兆個の状態に同時に処理が行えたとしても、一度測定すれば、その中のどれか1つの状態が確率的に選択されてしまいます。そこで最終的には、欲しい答が選択される確率を高めることが必要になります。この測定という処理に至るまでにいかにして重ね合わせ状態を効率よく処理（制御）するかを考えるのが量子アルゴリズムの研究です。私たちの使っているパソコンで計算処理をする場合でも、目的に対して最適な処理のルール、すなわちアルゴリズムを与える必要があります。量子コンピュータのハードウェアだけが実現されても、実際には量子ビットをどのように操作して目的の状態に持っていくかというアルゴリズムなしにはほとんど意味のある計算が行えません。

実用性があると言われる量子アルゴリズムは、現在わずか2種類だけです。一つは、大きな桁数の素因数分解に威力を発揮するショアのアルゴリズムです。そしてもう一つが、私が最近その改良を目的として手がけたグローバーのアルゴリズムです

グローバーのアルゴリズムの欠点を克服

グローバーのアルゴリズムは、量子探索アルゴリズムとも呼ばれ、大量のデータの中から、ある条件に合致するデータを見つけるためのアルゴリズムです。N個の状態に対し、古典コンピュータが平均 $\frac{N}{2}$ 回の探索を行わなければいけないのに比べて、$\sqrt{N}$回程度の探索回数で求めるデータを見つけることができます。従って、データ数が増えれば増えるほど、威力を発揮するのです。

本来このアルゴリズムは「求めたい状態の数」を予め知っていないと高い効率の探索ができないのですが、私が最近発表した「多重位相整合」という方法では、その情報を一切知らなくとも上手く答えを見付けることができます。

これは、「実用的な量子コンピュータができたとしたら」という仮定に基づいた、とても数学的で抽象的な分野の研究です。今はまだ理論のみに留まっていますが、やがて量子コンピュータの実用的なハードウェアが実現し、この研究が目に見える形で役立つ日がやってくることを期待しています。

量子力学の不思議と面白さ

量子力学は、ミクロの世界を扱う物理学で、20世紀初めに生まれ1930年代には一応理論的完成を得た学問分野です。しかし、その原理に関しては未だにはっきりしない問題が残されています。量子情報ではそのような量子力学の原理が情報処理や量子コンピュータのプロトコルや動作原理と直結しています。そして、量子情報の研究の進展に伴って逆に量子力学の原理的な問題が再検討されるという大変おもしろい時代を迎えています。実際、1927年に発見された不確定性原理が、今日になり小澤の不等式の発見によって書き換えられるという新しい展開を迎えています。この不確定性原理に象徴されるように、ある意味で"あいまいさ"が最大の売り物であった自然科学としての量子力学が、今や確定的な結果に導く情報処理科学へと変貌しつつあります。

量子力学が記述するミクロの世界では、私たちが見慣れたマクロな世界の常識が通じません。ミクロの粒子の挙動は確率的にしか予測ができないし、測定して初めてミクロの粒子の状態が確定します。例えば、電子はスピン $\frac{1}{2}$ を持っていると言います。これを古典的な自転というイメージで捉えるのは間違いで、量子力学でしか記述できません。この電子のスピンの基本的な状態は2つで、しばしば、上向きスピン状態・下向きスピン状態などと呼ばれます。電子はこの二つの状態が同時に存在する"重ね合わせ状態"をとることができ、これが量子コンピュータの基本原理となっています。

近年、一般のユーザが使うパソコンや家庭用のゲーム機などでも、
かつては考えられなかったマルチプロセッサ※1型のものが登場しています。
今やコンピュータは本格的なマルチプロセッサの時代を迎えたのです。
マルチプロセッサとはいったいどういう技術なのか、
コンピュータの並列処理技術がご専門の新實治男先生に近年の
スーパーコンピュータの開発競争なども併せて、お話いただきました。

コンピュータサイエンス学科
新實　治男 教授

並列処理技術でコンピュータはもっともっと速くなる

1台より2台の方が速い

コンピュータを作るときの至上命題は「いかに速いコンピュータを作るか」です。計算速度の向上には、1個のプロセッサ自体の性能向上も必要ですが、それに加えて、プロセッサを複数個つなげる「並列処理」という方法があります。1台よりも2台3台…のほうが当然計算時間は短くできるからです。

プロセッサを複数個使う方法として「クラスタシステム」と「マルチコア」との2つの方法が主に用いられます。それぞれの特徴を見ていきましょう。

スケーラビリティで優位のクラスタシステム

クラスタシステムでは、複数台のコンピュータをネットワークでつなぎ、一つの大きな並列コンピュータシステムとします。従来のプログラムのままでは並列処理ができないという短所がありますが、パソコンの規格の共通化や価格の低下によって、メリットが注目されるようになりました。

最大のメリットは、スケーラビリティ（大規模化しやすいこと）です。当初は10数台からせいぜい100台規模のものでしたが、近年では10万台あるいはそれ以上の規模のものまで登場しています。また、システムを構成する一台一台を各個に交換して、計算能力を高めることも可能です。

高性能な大型のコンピュータになればなるほど開発に長い年月がかかるので、数年後の技術進展や他のコンピュータの性能を予測しながら設計する必要がありますが、クラスタシステムでは、すでにあるコンピュータの技術を利用することで開発期間を短縮でき、このリスクを避けることもできるのです。

プログラムがそのままでも一応使えるマルチコア

マルチコアは、複数のプロセッサを一つのマイクロチップの中に搭載しています。従来のプログラムでもとりあえずそのまま動かすことができます。ただし、そのままでは本来の並列処理性能は発揮されません。

また、プロセッサ間でデータをやりとりする場合、クラスタシステムのようにネットワークを通す必要がなく、タイムラグや余分な計算が不要という点もメリットです。しかし、複数のプロセッサ間で共通のデータを使用する際など、競合や同期などの問題も発生します。マルチコアの真の性能を発揮させるためには、そういった問題にも注意を払いながらのプログラミングが要求されます。

一般にスーパーコンピュータは、一つひとつがマルチコアのコンピュータをさらに複数台つなげていると考えていいでしょう。たとえば、日本のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」には、8個のプロセッサを搭載するコンピュータが640台つながっていました。（注:2009年のシステム更新以前）

最近では、一般のパソコンもマルチコア型のものへと進化してきています。一昔前のスーパーコンピュータに匹敵するほどの性能を持つようになったパソコンですが、皆さんは十分使いこなせているでしょうか。

日本が世界に誇る並列コンピュータ

地球シミュレータは2002年当時、世界最速でした。しかし、2004年にはアメリカに抜かれ、2007年にはアジア最速の座からも転落してしまいました。

2012年7月、再び世界最速を目指したスーパーコンピュータ「京」の開発が完了しました。「京」は地球シミュレータ（当初システム）の約250倍となる1秒間に1京（けい：1兆の1万倍）回の浮動小数点計算※2ができる性能を有しています。1京回の計算能力からその名がつけられました※3。

「京」では、ライフサイエンスとナノテクノロジーの2分野がメインターゲットに設定されています。遺伝子レベルから細胞、器官、骨格、血流など人体の全てをシミュレートできるソフトの開発や、ナノ材料をそのまま解析できる環境整備が目標とされています。

並列処理のこれから

並列処理の発想自体は以前からありましたが、コンピュータが高価だった時代には一般的な技術ではなく、一つのプロセッサ（シングルプロセッサ）から成るコンピュータが一般的でした。プログラミング言語などの開発環境もシングルプロセッサが前提とされてきました。

現在では、大手CPUメーカーが並列用の開発環境を提供するなど、マルチプロセッサを前提とした時代へと変わりつつあります。

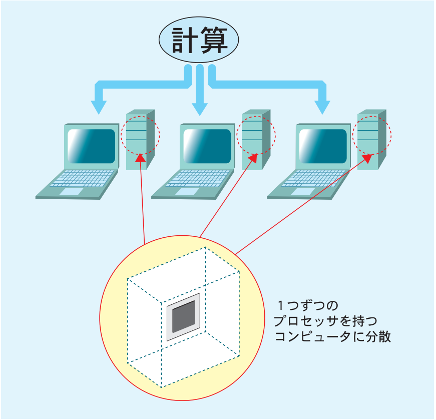
今の形のコンピュータが登場して約60年、私たちは次のコンピュータ技術への転換点に立っているとも言えます。10年後のコンピュータは、今とまったく異なる仕組みになっているかもしれません。

※1　1台のコンピュータの中に複数個のプロセッサ（「CPU」とも呼ばれるコンピュータの頭脳）を搭載したもの。それらで同時に計算を行い、システム全体の処理性能を高めるのが目的。

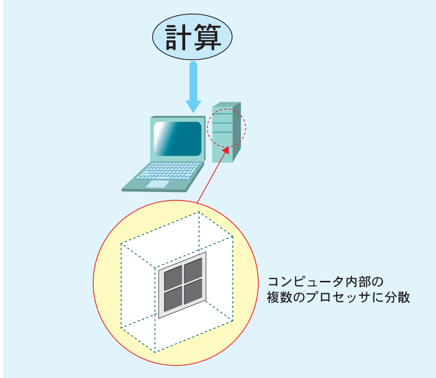
※2　たとえば12,300を1.23×10^4というふうに、1.23（仮数部）と4（指数部）との組合せで表現した数のことを浮動小数点数といい、そのような数値表現を使って行う計算（演算）のこと。浮動小数点数は、絶対値の非常に大きな値から小さな値までを表現するのに適している。それに対して12,300といった普段の表し方は「固定小数点」と呼ばれる。一般に浮動小数点計算の方が固定小数点数の計算よりも時間がかかる。また、多くの数値計算プログラムでは浮動小数点計算を行う。これらのことから、コンピュータの計算能力を表す尺度としては、1秒間に浮動小数点計算が何回できるかを表すFLOPSという単位が用いられている。

※3　完成目前にして世界最速の座は奪われたが特定分野での計算能力では優位を保っている。

クラスタシステム



マルチコア



コンピュータは科学者や技術者が使うばかりではなく、
仕事や家庭でも使われるようになりました。
今や私たちの生活の中に深く組み込まれているため、
いったん故障するとたいへん不便な思いをさせられます。
実際に損害を被ったというニュースも聞かれます。
これからは、いかにして故障に対応していくのかが問われる時代となったのです。
林原尚浩先生はコンピュータの故障に対処する方法を研究しています。
実現可能で効果的な新しいアイデアをお聞きしました。

コンピュータサイエンス学科
林原　尚浩 助教

新しいアイデアで ネットワークの故障を分かりやすく

壊れたときのダメージを最小限に抑える

今日、コンピュータとそのネットワークは世界中にサービスを提供していて、コンピュータの故障がもたらす損害は計り知れないほどです。一方、証券取引所のシステムの障害や航空機の予約システムの障害をはじめ、企業内システムの故障は日常的に起こっています。

この現状に対して、私は、壊れたときのダメージをいかに小さくするか、いかに早く復旧するかを研究対象として取り組んでいます。

新しい故障検出方式で色んな故障が見える

巨大なネットワークのどこかに不具合が生じても、直接確かめられない場合がほとんどです。そのため、あるコンピュータの状態を調べるには、その通信状況によって判断します。調べたいコンピュータにエコーと呼ばれる信号を送信し(エコーリクエスト)て、その応答(エコーリプライ)までの時間によって判断するのです。※1

ところが、ネットワークやサーバの混雑や、信号を送る経路によっても応答は遅れます。従来では、一定時間を過ぎれば全て故障と見なしていました。

そこで私たちが考えたのが、定期的にエコーリクエストを送りその応答時間に応じて故障検出を行うアクルーアル故障検出方式です。管理下にある全コンピュータの毎回のエコーリプライをもとに、各コンピュータの異常度合いを算出します。そして、他のコンピュータから問い合わせがあれば、異常度合いを教えるのです。

現在、アクルーアル故障検出方式は、Twitter※2やFacebook※3などで使われている分散データベースシステムCassandraの故障検出に用いられており、これらのサービスを支えています。　事前に異常度合いが高い箇所が分かれば、バックアップ用のコンピュータに接続したり、最適な通信経路を検出したりと、より効率的なネットワークの利用が可能になるでしょう。

目で見て分かるネットワーク

従来のものとは異なり、アクルーアル故障検出方式ではコンピュータの状態を無段階に表示できるので、図のように各コンピュータの異常度合いを温度計のようなゲージで分かりやすく表示することができます。

ネットワークがどの程度正常に働いているのかが視覚的に把握でき、故障が起きた場合の原因を突き止めやすくなります。将来的には自動的に故障箇所を推測して、教えてくれるシステムにしたいと考えています。

ユビキタス時代の強い味方

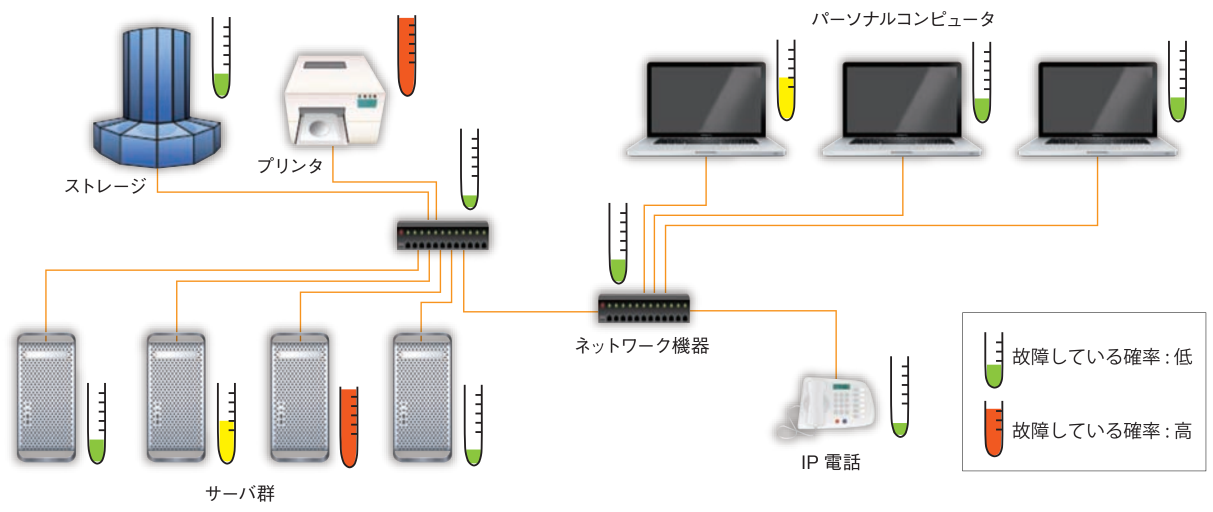
アクルーアル故障検出方式はさまざまな分野での応用が期待されています。

家電製品のコンピュータ化が進み、近い将来、家庭内の家電がネットワーク化されます。生活が便利になる反面、故障したときにユーザが対応できるのかが問題となります。そこで、故障検出のシステムが故障箇所やその故障への対処法などを指南してくれれば、コンピュータやネットワークに詳しくない人でも簡単に修復できるようになり、家庭内ネットワークはより使いやすいものになります。来るべきユビキタス時代に頼りになるシステムなのです。

※1　エコーのやりとりはwebやメールのデータ送受信に用いられる層(TCP)とは別の層(ICMP)で行われる。ICMPは接続を確立しなくても信号を送受信できるため高速であり、エコーが返ってこなかった場合は,ネットワークの接続状況に関するさまざまな情報を得ることができるため、故障の検出に向いている。

※2　Twitterとは、個々のユーザが「ツイート(つぶやき)」と呼ばれる短い文章を投稿し合うコミュニケーション・サービス。高いリアルタイム性とゆるやかなグループが成立することなどから、急速にユーザが増えている。

※3　世界最大のSNS(ソーシャル・ネットワーキング・サービス)。ユーザが使用するネットワークによってアクセス用URLが異なり、情報の公開を制限することができる。



ウェブサイトのサービスを利用するとき、IDとパスワードを設定して、
氏名や住所などの本人情報を入力、また別のサービスを
利用するときにも同じようにIDとパスワードを……というように延々とIDとパスワード、
本人情報を入力し続けなければサービスを受けられない、
といった経験のある人は少なくないでしょう。
もっと簡略に、しかもプライバシーやセキュリティは守られたまま、
インターネットの世界に点在するサービスへの認証を行う方法はないのでしょうか?
このような複数のサービスをより簡単に利用するための認証システムを
研究・開発している秋山豊和先生に、最先端の認証システムについてお話を伺いました。

ネットワークメディア学科
秋山　豊和 准教授

より安全で快適な認証システムを目指して

利便性も欲しいプライバシーの保護も大事

情報技術の進展によりインターネットを利用したさまざまなサービスが拡充されています。ところが、サービスが増えるに従って、利用者本人であることを確認する頻度も増えています。複数のIDとパスワードを管理したり、登録のたびに個人情報を入力したりという手間はもちろん、初めて利用するサービスに個人情報を教えて本当に安全なのかという心配も出てきます。

信頼できるサイトに1度サインインしたら、後はずっと「本人」としてサービスを利用できれば、飛躍的に便利になります。しかし、本人であることを証明する情報がサービス間で自由にやり取りされると、個人情報が危険に晒されてしまいます。利便性を高めれば安全性が犠牲になり、安全性を重視すると不便になってしまうジレンマがありました。

安全で便利なシングルサインオン (Single Sign On: SSO)

図1のように、ユーザは利用したいSP(Service Provider)にサインインします。SPが本人認証を行うIdP(Identity Provider)に問い合わせると、IdPは「確かに本人であることを保障するチケット」を発行し、パスワードなどユーザの個人情報を知らせることなく、確かに本人であると伝えるのです。ユーザが許可すれば個人情報など必要な情報をSPに渡すこともできます。本人認証とインターネット上のサービスとを分離することで、安全性を確保しつつ、1度の登録で複数のサービスを利用できるという利便性も得られます。

複数のサービスを組み合わせるためのSSO

SSOの応用により、図2の「OAuth」のように、ユーザの権限をSP間で受け渡して、複数のSPが連携したサービスの提供も可能になります。

写真管理サイトとプリントサービスとの例を見てみましょう。ユーザはプリントサービスのサイトSP1にサインインして写真管理サイトSP2に保存している写真のプリントを要求します。しかし、SP1はSP2から勝手に写真を取ることはできません。そこで、SP1はユーザを経由してSP2にアクセス、ユーザはSP2からSP1への権限委譲を許可します(この場合は写真の提供許可)。SP1はSP2から必要な写真だけ受け取れるようになります。

SP2がSP1に発行するのは「一定時間、許可した写真へアクセスする権限のチケット」です。そのため、悪意のある人物がSP1を乗っ取ったとしても、SP2にあるユーザの写真は守られます。この技術には、さまざまなサービスの組み合わせにより、今までにないサービスの創出が期待されています。

たくさんの計算機を利用するためのSSO

権限の委譲は「グリッドコンピューティング※」にも応用されています。

多数のコンピュータ間での計算の受け渡しの度にユーザが認証を行うのは手間も無駄も大きく、分散しているコンピュータ群に認証用の個人情報をばら撒くのも危険です。そこで、IdPが発行したチケットを「Proxy証明書」(図3)を使って、計算結果とともに受け渡ししながら、最後にユーザのもとに提供します。「Proxy証明書」は異なるコンピュータに処理を依頼するたびに発行される、より限られた権限をもつチケットなので、途中で奪われても被害は最小限で済みます。

認証システムの将来

サービスごとに認証を行うのが一般的であった時代から、認証をひとつの独立したシステムとして捉える時代に変わりつつあります。

認証という情報技術のインフラが共通化していくことで、エンジニアはインフラ整備からサービス向上に力点を移すことができるようになります。そのために、どうすればいいのか、さらに考えていきたいと思います。

※インターネット上に分散する多数のコンピュータを1つのチームにして、計算結果を受け渡しながら高度な計算を実行したり、大規模な記憶領域を作り出したりするコンピュータの利用方法。

図1　シングルサインオンの技術

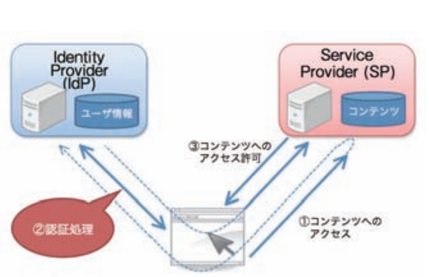


図2　サービスへの権限委譲(OAuth)

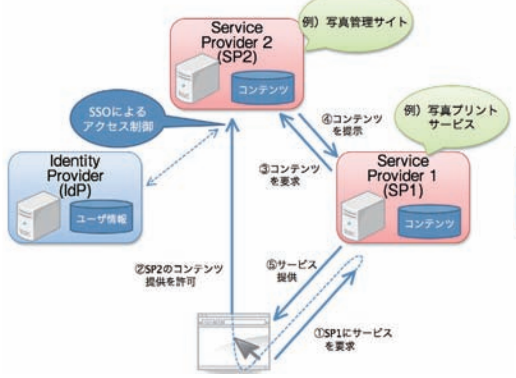
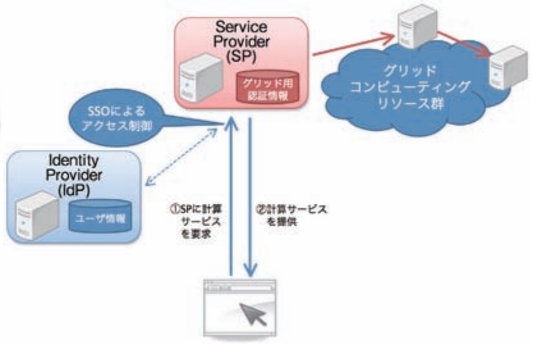


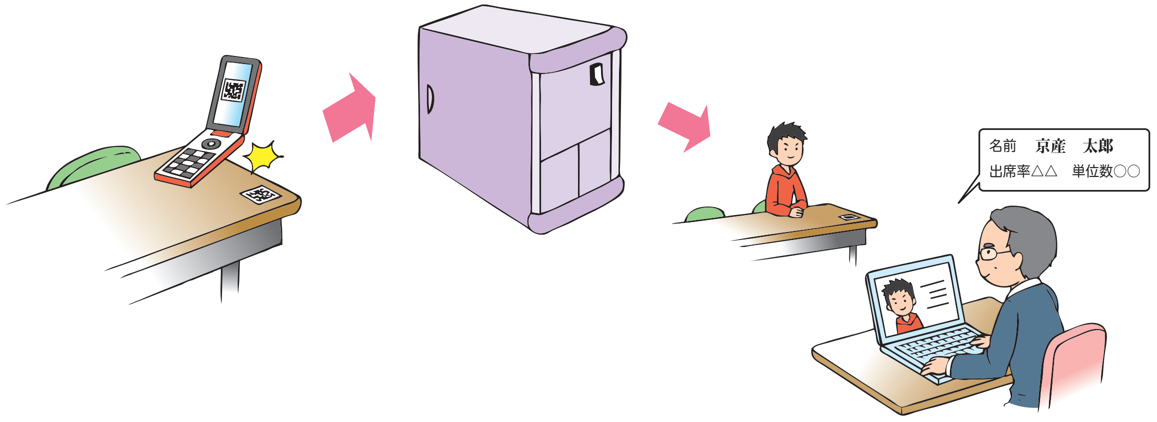
図3　サービスへの権限委譲(Proxy証明書)



携帯電話やインターネットに囲まれた私たちの日常には、様々なデータが溢れています。
そのデータをわかりやすく整理し、まとめたものは「データベース」と呼ばれます。
この情報をどのように活かせば、私たちの生活はより良いものになるのか。
その鍵は、データベースに基づいて構築されたシステムにあります。
実際に役立つデータベースシステムの構築を行なっている大本英徹先生に、
日常に密着した新しいシステムの中身について、お話しいただきました。

ネットワークメディア学科
大本　英徹 教授

データベースの仕組みを世の中に役立てる



携帯電話で講義の活性化

私が研究しているのは、データベースを応用した情報システムです。データベースとは、システムの裏側にある様々なデータを整理、統合し、欲しいデータの検索を容易にする仕組みです。この仕組みを活用して日々の生活を便利にするシステムを研究し、実際に開発もしています。その中でも特に成功した二つの例についてお話しします。

一つ目は、学生の出席を自動的に管理するシステムです。携帯電話が、まだスマートフォンどころかインターネットにようやく繋がる程度だった当時に、私たちは携帯電話が情報端末、すなわち何かのシステムを使うときの窓口になりうるという点に着目しました。カメラ付きの携帯電話には、QRコード認識機能があります。そこで、机の上にQRコードを貼り付けておき、読み取るだけで出席がとれるシステムを実現しました。

この出席管理システムを使えばどの学生がどの席に座っているのか特定できるので、大教室の講義でも学生をピンポイントで名指しすることができます。教室の雰囲気も引き締まり、授業の活性化が期待できます。

この研究の延長として、ネットワークに繋がったカメラを教室に据え付けて、講義を聴く学生の映像に出席管理システムの情報を重ねて映すシステムも開発しました。技術的には、学生の名前だけではなくて、出席率や取得単位も表示できます。そうすると授業の方法や雰囲気が大きく変わる可能性があります。

読んだ人すべての記録が残る電子署名システム

次に、より一般に向けて研究しているシステムの例をお話しましょう。一つのファイル（電子データ）を何人かの手を経由しながら作っていくとき、「誰が最初にファイルを作ったのか」「誰がどこをどう編集したのか」といった情報を知りたい場合があります。そういうときに役立つのが、電子署名と呼ばれる技術です。

MS Wordなど、最近のワープロソフトで一般的に使われている電子文書フォーマットに、XMLという言語があります。これは、XMLタグを使って、文書に新しい情報を付け加えることができます。ポイントは、元のデータと全く無関係な情報を埋め込んでも、表面上は元のファイルと同じように扱うことができるという点です。この機能を使い、ワープロ文書の中に、電子署名、変更日付、ファイルのどこが変更されたかという差分情報を埋め込みます。そうすると、一見普通の文書でありながら、データを読み込めば隠された情報を復元することができます。

電子署名は電子暗号の技術に基づいた、個人を特定するデータです。法的に誰が書いたのか証明する場合や、著作権関係に効力を発揮します。仕様を知っていても書き換えることができないので、極めて証明能力が高いのです。

更に電子署名を用いて、元のファイルを一切変更せずに「見た」という印をつけることも可能です。企業では、稟議書などを「見た」ことを証明するのに印鑑を用いますが、この技術を使えば、印鑑どころか紙に文書を印刷する必要さえなくなるのです。

論文の上で出来るだけでは意味がない

このようなシステムを考える上で重要なのは、「実際にできる」と「実用的である」ことの違いです。私自身は、論文の上では出来ていても実社会で使えないシステムにはあまり興味がありません。欲しいけれども存在しない、そういうものを、携帯電話のように普及しているシステム要素をうまく活かして作れば、社会的にも大きなインパクトがあります。

情報系の研究を取り巻く環境は、わずか数年で刻々と状況が変わります。スマートフォンがこんなに普及するとは4、5年前には予想できませんでした。時代に対応するシステムを作っていくのも、また大事なことです。

これからも、ユーザーの一人として「できたらいいな」と思うことを、新しく見つけて解決していきたいと考えています。

ユビキタスなカメラの時代。
デジタル写真技術の登場で、だれもが簡単に
撮影を楽しむことができるようになりました。
最近では、デジタル写真技術とコンピュータ技術の融合により
写真撮影のあらゆる限界が取り除かれつつあります。
両技術がご専門の蚊野浩先生に、これまでの実績と
これからの可能性について詳しくお話しいただきました。

ネットワークメディア学科
蚊野　浩 教授

コンピュータとカメラが融合するマルチカメラ・イメージング技術

画像技術との出会い

私は、1984年企業に就職し、カラー記録装置の開発を担当したときから、カメラ装置に興味を持つようになりました。画像を扱うシステムにおいては、カメラのような入力装置と私の専門であるコンピュータ技術とを密接に結びつけることが自然なのです。カメラで取得した画像をコンピュータ処理することで、被写体の3次元情報を復元したり、被写体の属性情報（人間であるとか車であるとか）を推定する——そういったコンピュータビジョンの研究を通じて、デジタル画像の新技術開発に貢献しようと決意しました。

マルチカメラ画像処理

1993〜1995年に米国カーネギーメロン大学の金出武雄教授の指導のもとで開発した「ビデオレートステレオマシン」は、6台のビデオカメラを接続できるステレオ画像処理専用ハードウエアです。複数のカメラをコンパクトにまとめたマルチカメラヘッドを入力部とし、被写体までの距離情報を表現する画像を毎秒30枚出力することができます。

複数のカメラを用いて取得した複数の画像、あるいは1台のカメラを用いて取得した複数の画像の処理が、自然と主要な研究テーマになりました。特に、位置や幾何学的な情報を手がかりとした、複数画像の情報統合に関心がありました。続いてハンドヘルド型3Dスキャナー、手持ちカメラによるパノラマ画像合成技術、複数の車載カメラを用いた全周囲モニタシステムなどにも取り組みました。ハンドヘルド型3Dスキャナーは、手持ち測定部で物体のまわりをスキャンして立体情報を取り込むものです。この技術は足形の立体形状を入力する装置として製品化※1しました。車用の全周囲モニタシステムは車体上部に設置した4台のカメラ映像を、道路面をキーに1枚の画像に合成するものです。あたかも車体を頭上から見たような鳥瞰（ちょうかん）画像が合成されます。（図1）

デジカメで活躍するビジョン技術

2000年代になると、顔検出技術の実用化をきっかけに、コンピュータビジョンに基づくデジカメ画像処理が注目されるようになります。2005年には顔検出が初めてデジカメに搭載され、今日では、必須機能の一つになっています。

私たちのグループでもデジカメに実用化できる画像処理技術を多く開発しました。顔検出以外にも、パノラマ画像合成、手ぶれ補正などを実用化しました。手ぶれ補正は、手ぶれによるカメラの動きをキャンセルするように、レンズや撮像素子を移動させる光学式が有効ですが、カメラの大きさやコスト面での制約があり、画像処理による手ぶれ補正にも期待が集まっています。

デジカメ画像処理には、画像のノイズ除去や色信号の補正、階調特性の制御などの伝統的な写真画像処理、オートフォーカスやオートアイリス※2などのカメラ制御と融合させた技術、主要被写体の検出や動被写体の追跡などのコンピュータビジョン技術が含まれます。またレンズや撮像素子の工夫と高度な画像処理を融合することで撮影後にピントをコントロールするなどの、コンピュテーショナルフォトグラフィ技術も含まれます。

マルチカメラを使ったコンピュテーショナルフォトグラフィ

コンピュテーショナルフォトグラフィの一つの例としては、カメラを縦横配列状に多数配置したカメラアレイを用いるものがあります（図2）。1台のカメラは1つのピンホールを通過した光線をサンプリングします。ピンホールカメラを図2のように縦横無数に並べると「光線空間」とよばれるものが取得されます。サンプリングが十分に密であれば、レンズ口径、焦点距離など、さまざまなパラメータをシミュレーションすることができ、不可能なアングルなど実在しないカメラパラメータで撮影した画像の生成もできるのです。今後、デジタル技術の応用によって、従来あり得なかった撮影を可能にするカメラが続々と発表されていくことでしょう。

※1　実物は専門の靴店などに置かれている。
※2　自動絞り。レンズの絞りを被写体の明るさに合わせて自動的に変化させる機能。

図1　複数の車載カメラを用いた全周囲モニタシステム

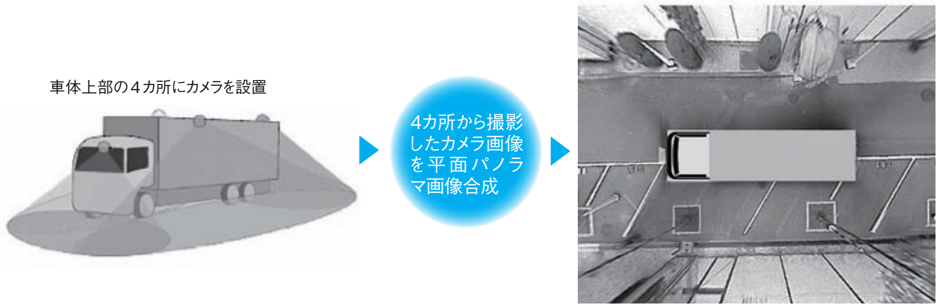
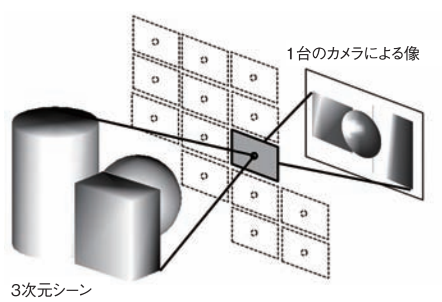
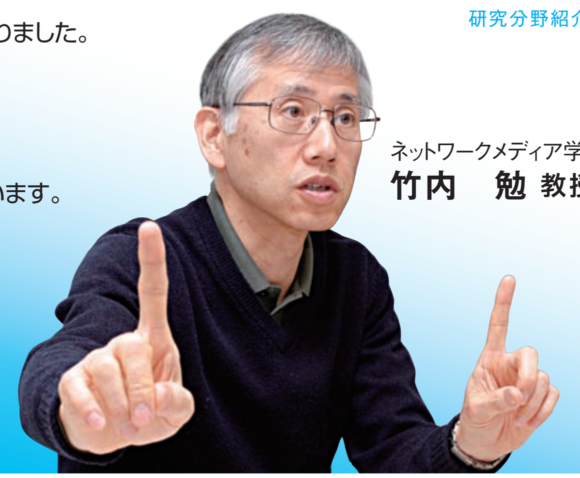


図2　光線空間カメラの概念図



電波を利用した通信技術はもはや私たちの生活になくてはならないものになりました。
古くはラジオやテレビの放送から、現代の携帯電話、
通信衛星による通信システム、無線LANなど、目には見えない電波が、
今この瞬間にも、みなさんの周囲で情報を運んでいます。
携帯電話には電波を使った通信技術の中でも最先端の成果が詰め込まれています。
電波の伝搬特性についての研究がご専門の竹内勉先生に、
携帯電話を中心とした無線通信技術についてお話しいただきました。



ネットワークメディア学科
竹内　勉 教授

無線通信技術の粋を集めた携帯電話

限りある電波の周波数を有効利用

私たちがなにげなく使っている携帯電話は、数々の難題をクリアして実用的な技術へと発展してきました。たとえば、空間的に広がる電波が混信せず、自分宛の電話やメールだけを着信できるというのは不思議だと思いませんか?

ラジオやテレビではチャンネルごとに周波数を変えることで混信を避けています。携帯電話でも自動車電話などの第1世代は、周波数によって個々の通話を判別していました。

しかし、この方法には利用者数を大きく増やせないという限界があります。利用できる周波数には限りがある一方、通信にはある程度の周波数の幅(周波数帯域)が必要だからです。テレビやラジオであればあまり困りませんが、携帯電話にとって利用人数の制限は致命的な問題です。

そこで、第2世代ではTDMA(時分割多重接続:Time Division Multiple Access)方式が開発されました。TDMA方式では、圧縮した音声を時間をずらして送信し、受信側で復元することで、1つの周波数を複数の利用者で共有できるようにしました。

さらに、第3世代にはCDMA(符号分割多重接続:Code Division Multiple Access)方式が導入されました。「拡散符号」と呼ばれるコードを送信データに掛け合わせて送り、受信側が同じ符号を使って復号します。利用者ごとに拡散符号を変えておけば、複数の利用者が、時間を分けることなく同時に、1つの周波数帯域を利用できるのです。

ところが、第4世代では再び第1世代と同じ周波数分割多重方式が用いられるのですが、その分割の仕方が第1世代とは大違いでできるだけ細かく分けて使い方に応じて使う周波数の量を変えることにより使用者それぞれで必要とされる情報伝送量に合わせて効率よく電波を使えるようにしようとしています。しかも新しい技術の誕生に合わせて通信方式も変えられる工夫を盛り込もうとしています。また、今流行のMIMOと呼ばれる同じ周波数を使って異なる情報を同時に同一の空間で送る技術も取り込み更に情報伝送量を増やそうとしています。

通信の質を高めるさまざまな技術

ビルがたくさん建ち並ぶ都市部などでは、壁に反射して遅れてやってくる遅延波が大きな問題でした。第2世代までは遅延波をノイズとして削減する方法が採られていましたが、第3世代になって状況が変わりました。拡散符号は0と1の符号が時系列に並んでいるため、符号を目印に遅延波も意味のある情報として使えるようになったのです。複数の遅延波を集めれば情報の再現精度を高める(ディジタル信号の誤りを減らす)ことができます。

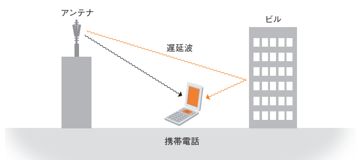
また、携帯電話はあらかじめ電波状況のいい場所を探してアンテナを固定することができません。そこで、どんな場所でも通信の質をできるだけ高めようと「ダイバーシチ」という技術が使われています。ダイバーシチとは、複数のアンテナを使っていずれかのアンテナが電波状態のいい場所に置かれる可能性を高め、全体では常に電波を強い状態に保とうとする技術です。携帯電話に使われる電波は波長30cm程度なので、15cmや7.5cmといった、波長の数分の1離して複数のアンテナを設置することで、ダイバーシチの効果を高めています。

第４世代携帯電話は大きな変革になる

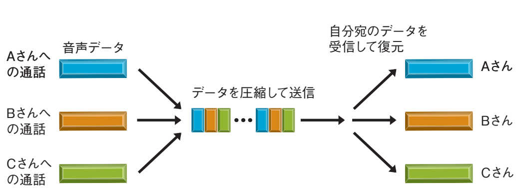
現在、ご存知のようにLTEと呼ばれる第4世代が始まりつつあります。まだまだ日本とアメリカに限られるシステムですが、その実力は第3世代に比べて大変大きなものです。第4世代の主流とされるLTEは「これからも進化してゆく(Long Term Evolution)」という意味で、今後この方式がどのように進化していくかは実は利用者が望む情報伝送の形態に大きく依存しています。それはドコモがLTEサービスをまずはデータ通信から始めた事にも現れています。すなわち、IP(Internet Protocol)化が世の中の通信のしくみそのものを変えつつある現代、携帯電話はもはや電話ではなくコミュニケーションツールとして、全てのメディアへのアクセスを可能にするツールなのです。その現われが携帯端末を高速で使いやすくするためのLTEの利用です。携帯電話のIP化は、インターネットへの直接接続や無線LANとの連携といった利用方法の拡大や、運営コストの低減というメリットがあります。携帯電話の運営事業者は自分で自分の首を絞めるかもしれないインターネット電話でさえも自分のサービスに取り込まざるをえない状況にあるのです。

もう1つ見逃せないのは第4世代携帯電話に対する新興国の影響です。これからたくさんの利用者が増える新興国市場でどのような端末に成長していくのかは彼ら新興国、中でも中国の国民の手にかかっていると言っても過言ではないでしょう。13億人という巨大な市場が携帯電話の形態を定めるのです。経済状況が不安定な欧州や不景気な日本にはもはやその実力は残っていません。携帯電話、端末を生産し消費するのは中国を含めたいわゆる経済新興国BRICSが主体となるのです。

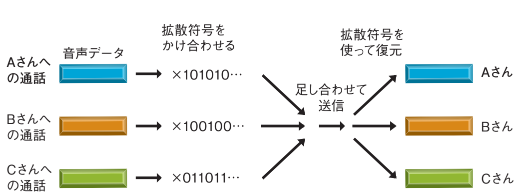
遅延波のイメージ



TDMAのイメージ



CDMAのイメージ



手軽に作れるブログの普及で、webには個人発の情報が大量に流通しています。
貴重な知識もあれば単なる思い込みもあって、まさに玉石混合。
本当に信頼できるブログを見つけ出すのは簡単なことではありません。
そこで頼りになるのがブログランキングですが、
そのランキングは本当に信用できるのでしょうか?
より精度が高いブログランキングを創出し、ブログの世界の発展を目指す
中島伸介先生に、新たに生まれた様々なサービスとその仕組み、
更に今後の展望についてお話を伺いました。

ネットワークメディア学科
中島　伸介 准教授

熟知度判定によりブログの信頼性を評価する

ブログ熟知度ランキング

私たちはブログ熟知度ランキングという新しいブログランキングシステムを考案しました。特定の分野に詳しいブログを高い精度で判定し、ランキングにします。

仕組みは、まず、ブログでよく言及されるトピックから12,000程度の熟知グループを作ります。

次に、熟知グループに対して、共起度(一緒に現れる度合い)が高い単語を集めた共起語辞書を作ります。特定のキーワードにだけ共起度が高い単語を拾うように、どんなキーワードに対しても共起度が高くなる一般的な単語は重みを低くします。集められた単語は、共起度の高さに応じて重みをつけておきます。

ここからようやく、ブロガーの熟知度を判定する段階です。共起語辞書をもとに、熟知グループの共起語全てを検索し、記事内の共起語の重みと共起度をかけて合計します。そうして、一つ一つのエントリを判定し、ブログ全体で総和をとって、ブロガーの熟知度を算出するのです。熟知グループや共起語辞書は常に更新し、熟知度の判定も対象期間や共起語の網羅率などで更に細かく条件をつけ、精度を上げています。

ブログ熟知度ランキングは2008年9月に共同研究先の「株式会社きざしカンパニー」の運営により一般公開して、既に相当なデータが溜まりました。成功した例だと言えるでしょう。

Blogram 熟知度判定技術を応用した自己ブログ診断

熟知度判定技術を更に発展させ、自分のブログを解析できるblogramというサービスも構築しました。blogramに登録すると、あるキーワードで検索したときの自分のブログのランクや、考えや好みといった「自分自身」の解析をしてくれます。

さらに、自分が書いたエントリと同じような話題を扱うブログを自動的に表示してくれます。通常、他のブログや広告などを表示する推薦システムは、事前に興味のある分野を登録しますが、blogramではその必要はありません。自動的に興味関心を分析してくれるからです。

blogramによって、ブログの業界の更なる盛り上がりを期しています。(blogramも「株式会社きざしカンパニー」により運営)

社会に役立つ技術への応用

今、考えているのは、ニッチなトレンドの検索システムです。例えば特定分野のプロたちの間で何が流行っているのかなどを調べます。

大まかな仕組みは、熟知度判定と同じです。「流行」を多く書かれていることと捉えて、キーワードの出現回数に注目します。特定のグループの中でだけ頻出するキーワードを取り上げ、一般の人の記事にも書いてあるキーワードは重みを下げていく。こうして、あるグループの中でだけ流行っているものを浮き彫りにします。

この検索は様々な利用価値があります。たとえば、世間ではバナナダイエットが流行っているけれど、ダイエットグループ内でのトレンドはモロヘイヤダイエットだと分かれば、次は世間でもモロヘイヤが流行るだろうと予測が立つわけです。

応用は検索のみに留まりません。たとえば、一般的なアンケートでは、対象を属性を性別や年齢、居住区などで分類しますが、熟知度判定を用いれば、あるキーワードに対する詳しさや好みなどを用いて分類ができます。熟知度判定で得られたデータは、自己申告よりも客観的で信頼できるので、マーケティングなどにも十分な利用価値があると考えられます。

また、自動応答チャットシステムによって、会話しながら、何に詳しいか、何に興味があるかを解析することも検討しています。ブログを書かない人でも、機械とチャットをするだけで自動推薦のサービスを利用できます。このサービスを活用すれば、新たな社会貢献ができるかもしれません。このようにさまざまな分野で新しいサービスを創り出していきたいと考えています。

blogram　http://blogram.jp

ブログ熟知度ランキング画面

私たちの生活や社会の重要な部分には、大規模なシステムがたくさん稼動しています。
社会のインフラを支える大きなシステムは設計も大掛かりとなり、
設計に誤りがないかを調べる「設計検証」も当然複雑なものとなります。
また、生活に密接に結びつくシステムでは、
たったひとつの設計ミスでも大きな損失につながるため、
設計ミスを見落とし無く確実に見つけることも課題となっています。
時相論理を用いた設計検証がご専門の平石裕実先生に、
論理で設計を検証する方法についてお話しいただきました。

ネットワークメディア学科
平石　裕実 教授

設計の正しさを確かめる論理の力

限界があった従来の設計検証

システムの複雑化・大規模化や、金融・インフラなどに求められる無謬性に対して、従来の設計検証では限界が見えてきました。

1993年にインテルが製造したプロセッサでは、あらかじめ割り算の答えを表にして、その組合せを利用して計算の高速化を試みましたが、表に設計ミスがありました。多くのユーザが交換を希望し、4億7500万ドルもの損失となりました。

EUのロケット・アリアン5の爆発事故では、アリアン4から大幅に強化された推進能力が、姿勢制御プログラムの数値の範囲を超えたことが原因でした。史上最も高くついた設計ミスと言われています。

従来の検証方法のひとつ、論理シミュレーションでは、ユーザの様々な使い方を想定してシミュレーションを行います。しかし、インテルのプロセッサの場合、間違えるのは2万7千年に1回の計算だと言われていますし、アリアン5でも、アリアン4まではでは問題のないプログラムでした。いずれも想定していない計算が現実に行われてしまったのです。

論理シミュレーションによる設計検証

論理シミュレーションによる設計検証の方法を、自動販売機の設計を例に見てみましょう。コインは50円と100円だけとし、100円で商品1つ、100円を超えると商品1つとお釣(50円)を返すよう設計します。

右図がその設計図です。スタート直後はAの状態で、矢印が状態の遷移(移り変わり)を表します。矢印(遷移枝)に書かれている「100円/商品」などは「利用者の行動/自動販売機の出力」です。

利用者の使い方として、たとえば次のような状態遷移を想定すると

A→50円/何もしない→B…問題なし
A→100円/商品→A…問題なし
A→50円/何もしない→B→50円/商品→A…問題なし
A→50円/何もしない→B→100円/商品＋お釣→C…問題なし
A→50円/何もしない→B→100円/商品＋お釣→C→50円/何もしない→D…問題なし

ここまでは設計ミスが無いように見えます。では、50円、100円、50円、100円、50円と入れるとどうなるでしょう?

A→50円/何もしない→B→100円/商品＋お釣→C→50円/何もしない→D→100円/商品＋お釣→D→50円/商品→C

合計350円の投入に対して、商品3つとお釣2回が出てきました。これはシンプルなシステムですが、実際のシステムは比較にならないほど複雑で、何通りシミュレーションすれば十分なのか、正確には分からないのです。

数学的に設計の正しさを証明する記号モデル検査

1990年代前半、システムの状態や遷移を変数として、論理関数を作り、それを満たす解を求める「記号モデル検査」と呼ばれる数学的な検証方法が提案されました。

論理関数とは、論理式で表された関数で、論理式には通常の四則演算とは異なる論理演算(表1)が適用されます。

先ほどの自動販売機を検証してみましょう。変数x、yで状態A、B、C、Dをそれぞれ(x,y)=(0,0)、(0,1)、(1,0)、(1,1)とし、変数zで50円を0、100円を1と表すと、各遷移枝は表2のようになります。このとき、それぞれの集合を表すと

商品を出した直後の状態集合X={A,C,D}

$$X=x+\bar{y}$$

集合Xから出ている50円の遷移枝の集合Y={a,e,g}

$$Y=X\cdot\bar{z}=(x+\bar{y})\cdot\bar{z}$$

商品を出す遷移枝の集合Z={b,c,d,f,g,h}

$$Z=\bar{x}\bar{y}z+\bar{x}y\bar{z}+\bar{x}yz+x\bar{y}z+xy\bar{z}+xyz=y+z$$

となります。各遷移枝にx,y,zの値を代入して、1となる枝は集合に含まれ、0となる枝は含まれません。

正しい設計であれば、集合Y(商品を出した直後に50円入れた)と集合Z(商品を出す)の共通部分Y∩Zは遷移枝を含まず、必ず0になるはずです。

ところが、Y∩Z=1を満たす遷移枝g(1,1,0)が存在し、gに誤りがあると分かります。

$$Y\cap Z$$
$$=Y\cdot Z$$
$$=(x+\bar{y})\cdot\bar{z}\cdot(y+z)$$

g(1,1,0)を代入すると

$$(1+\bar{1})\cdot\bar{0}\cdot(1+0)$$
$$=(1+0)\cdot 1\cdot(1+0)$$
$$=1\cdot 1\cdot 1=1$$

数学の問題なので解が求まれば、そこで検証完了です。さらに、状態や遷移枝を集合として扱うため、従来よりもずっと大規模なシステムも検証可能なのです。

設計に対する安全性と信頼性を高めるだけではなく、より大規模なシステムの設計へと私たちの創造性を広げてくれるもの、それを実現するのが論理の力なのです。

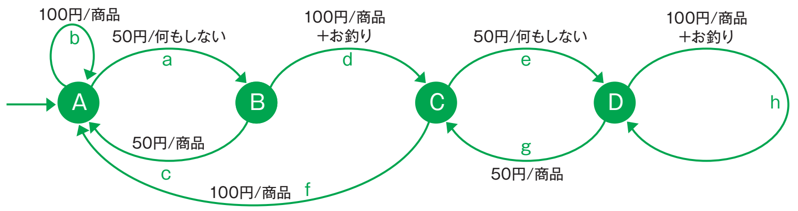


表1　論理演算による和・積・否定

論理和 (or/+)

a	b	a+b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

論理積 (and/・)

a	b	a・b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

論理否定 (not/￣)

a	$\bar{a}$
0	1
1	0

表2　遷移枝の符号化

遷移枝	符号 (x,y,z)	表している状態と投入されたコイン
a	0,0,0	状態A、50円
b	0,0,1	状態A、100円
c	0,1,0	状態B、50円
d	0,1,1	状態B、100円
e	1,0,0	状態C、50円
f	1,0,1	状態C、100円
g	1,1,0	状態D、50円
h	1,1,1	状態D、100円

コンピュータは私たちの生活に欠かすことのできない存在になっています。
今後はさらに、多数のコンピュータで一人の人間を支える
ユビキタスの時代が来るといわれています。
いたるところにコンピュータが存在する時代に向けて、
便利だけれど自己主張をしすぎない穏やかなコンピュータを
どのように作るかについて研究している水口充先生。
これからの人とコンピュータの関わり方や、
最近のご研究についてお話しいただきました。

ネットワークメディア学科
水口　充 教授

生活空間でのコンピュータの新しい使い方を考える

ユーザインタフェースとHCI(ヒューマンコンピュータインタラクション)

HCI(ヒューマンコンピュータインタラクション)は、人とコンピュータ、およびコンピュータを介した人と人とのインタラクションに関する研究分野です。ユーザインタフェースがコンピュータの操作をわかりやすく効率的で便利にするための研究だとすれば、HCIはコンピュータの使い方そのものに焦点をあてたものです。切符の券売機を例にとると、そもそも切符を買わずに電車に乗れたらもっとよいだろうと、ICカードやプリペイドカードを考え出すのがHCIの分野だといえます。

いまやコンピュータは携帯電話を筆頭に生活の中でありふれた存在となっていますし、人間との関わりも変わってきています。こうした中で、コンピュータの新しい可能性を切り拓いていくHCIの研究分野に期待されていることは大きいと思います。

これまでにないコンピュータを創り出す

HCIの前衛的な分野では、アートやエンタテイメントとの境目はなくなりつつあります。求められるのはクリエイティブな能力です。使いにくいと話になりませんから、ユーザインタフェースやユーザビリティの観点は外せないのですが、それらを最重要としない流れもみられます。

大ヒットしたiPodのように、使っていて気持ちがよいことやクールなデザインを備えていることが、好んで使いたくなる、すなわち使い勝手がよいとユーザに判断されることもあるのです。

HCIの分野の中で"コンピュータの新しい使い方"を模索するのが私の研究の一つのテーマです。以下に、こうした研究から生まれてきたものをご紹介します。

情報探索システム「Info Globe」(1999年)

Info Globeは仮想本屋システムです。たくさんの情報をながめて選ぶ「ながめるインタフェース」を採用していて、球面にはりついた本がくるくると回ります。基本提示はランダムで、古いものから消えていきます。興味のあるものを選択すると、画面右には本の詳細が表示され、関連する書籍が球面に表示されます。

地図情報検索システムwing
Google Mapsの普及より前に同じコンセプトで観光案内地図システムの研究を進めていた

info Globe

文字のアニメーションによる「Ambient Mailer」(2008年)

動きのついた文字による視覚的表現"文字のアニメーション"を応用して開発中なのがAmbient Mailer。文字情報の特徴をアニメーションで表すことで、どんなメールが届いたかを何気なく気がつかせる仕組みです。画面左に件名がスクロールされ、中央では本文中のキーワードがポップアップする動きとともに、ランダムな色と角度で現れては消えます。生活空間で表示することを想定し、★マークで伏せ字をして、内容を知らない人にとっては、まるで動くアートのよう。重要なメールをどのように表現するかなど、今後の研究課題も尽きません。

Ambient Mailer

Calm Technology―穏やかな技術　に向けて

ユビキタス社会という言葉は、いつでもどこでもコンピュータに囲まれた社会を意味するものとしてよく紹介されますが、実はこれは提唱者のマーク・ワイザーがいった意味とは少し異なります。彼が思い描いたのは"Calm Technology"に囲まれた世界。すなわち、普段は何気ない存在になっていて、必要な時にはそっと支えてくれるようなコンピュータに囲まれた世界のことを意味していたようなのです。

私がめざしているのも、"Calm Technology"、言い換えると、「一所懸命使わないコンピュータ」です。身の回りを取り囲むコンピュータの便利さは失いたくないけれど、コンピュータにしばられない、そんな未来を創っていきたいと考えています。

風覚ディスプレイ
風を使ってメールの着信などをユーザに知らせるシステム

インターネットや新聞、雑誌などのメディアには、
膨大な量のさまざまな情報が溢れています。
宮森恒先生の研究テーマは“メディアインテリジェンス”。
メディアの中でも、TVなどの放送番組とインターネットを対象に、
文字情報や画像情報に着目して、情報の質を見極めることで、
それらを賢く便利に利用しよう!という研究をされています。
新しい情報比較技術(特許出願済み)を使った「料理レシピ比較 味コレ!」を中心に、
最近の研究についてお聞きしました。

ネットワークメディア学科
宮森　恒 准教授

情報の「質」を見極める 新しい情報比較手法を発明

情報の「質」を効率良く見分けるには? ——料理レシピの例から

インターネットには「質が高くて役に立つ情報」と、「根拠のない噂やデマといった質の低い情報」が多数混在しています。そこで、信頼性が不確かな情報と、信頼性がはっきりしている別の情報とをコンピュータでうまく比較することで、情報の質を効率よく見極める手助けができないかと考えました。

料理レシピを例に考えます。インターネットでは、一般の人が簡単に投稿できるレシピサイトなどにさまざまな料理レシピが公開されています。しかし、あまりにもレシピが多すぎて、自分に合ったレシピを見つけ出すのは大変です。そこで、インターネット上のレシピが自分の好みに合ったレシピかどうかの判断を助ける「料理レシピ比較 味コレ!」という試作システムを作りました。

「味コレ!」の仕組み 新しい情報比較手法を発明

利用者はあらかじめ自分が信頼する(自分に合った)料理レシピを「基準」として設定しておきます。そして、投稿サイトやブログで見つけた調べたいレシピと、その「基準」とを比較します。

図1と図2は、「おすすめ肉じゃが」というレシピを、うす味が好きな人が登録した「基準」、濃い味が好きな人の「基準」、それぞれと比べた結果です。棒グラフは「基準レシピ」の各材料の分量を1とした、「おすすめ肉じゃが」の割合を表示しています。基準に対して 2倍以上、あるいは、1/2以下になる材料は赤色や黄色に色を変えて表示しているので、どの材料がどのくらい基準と異なるのかが一目で確認できます。

「味コレ!」では、対象の料理レシピを1つの情報とみて、さらにその情報を「要素、分量、重要度」の3つからなる組の「集合」と考え、情報の比較を行っています。表1を見るとわかりますが、「おすすめ肉じゃが」という1つの情報は「にんじん、0.125本、1」という「要素、分量、重要度」からなる組がいくつも集まってできているのです。表2はうす味好きの人が登録したデータの平均を「基準」として設定したものです。平均は材料ごとに計算していて、データ内に多く出現する材料ほど重要度の値が高くなります。

「味コレ!」では、上記2つの「3つの組の集合」の「差」や「類似度」などを計算して比較することで、信頼性が不確かな情報が、信頼性のはっきりしている別の情報(基準となる情報)とどの程度かけ離れているのか、あるいは似ているのかがわかり、調べたい情報が自分に合った情報かどうかの判断がしやすくなるのです。

世界中のレシピを比較 広がる対象

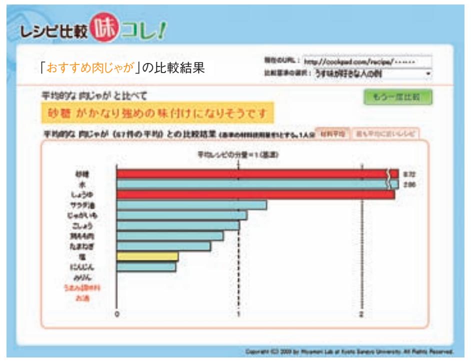
「3つの組の集合」を使った情報比較の手法※1は、レシピ以外のものにも応用できます。ただ、比較的単純に思える料理レシピでも「適量」、「少々」などのあいまいな分量表示、単位の統一や変換などいろいろな工夫が必要ですから、比較対象に合わせたアレンジが必要になるでしょう。

「料理レシピ比較 味コレ!」については、近いうちに日本の主なレシピサイトのデータをすべて扱うようにしたいと思っています※2。また、海外のレシピサイトにも対象を広げれば、国による嗜好の違いも出て、興味深い結果が出るのではと期待しています。基準の設定や比較の方法など工夫する余地はたくさんありますから、試行錯誤を重ねながら、利用者が膨大なレシピの中から理想のレシピを判断する手助けができるようなシステムを完成させたいと思っています。

※1　この情報比較の手法は、インターネット上から信頼性の高い情報とそうでない情報を、利用者が効率よく見極めるための手法としてこれまでにないもの。

※2　現在は NHKの「みんなのきょうの料理」(http://www.kyounoryouri.jp/)と、日本最大の投稿型料理レシピサイト「クックパッド」(http://cookpad.com/)の約 43万件のレシピを扱うことができる。

図1



うす味好きの人の「基準」(うす味のレシピが登録されている)と比較。ここでは砂糖としょうゆが赤く表示され、うす味が好きな人には味が濃くなりすぎることがわかる。

図2

濃い味好きの人の「基準」と比較。赤色や黄色の部分はなくなり「平均的な味付けになりそうです」と表示されている。「おすすめ肉じゃが」は、濃い味好きの人にはちょうどよい味付けになる可能性が高いことがわかる。

表1　選択したレシピ「おすすめ肉じゃが」のデータ

レシピ=おすすめ肉じゃが		
要素	分量	重要度
にんじん	0.125(本)	1
うまみ調味料	1.000(適量)	1
お酒	1.000(適量)	1
じゃがいも	1.250(個)	1
塩	1.000(適量)	1
しょうゆ	31.875(g)	1
砂糖	19.125(g)	1
こしょう	1.000(適量)	1
たまねぎ	0.250(個)	1
サラダ油	1.000(適量)	1
みりん	1.000(適量)	1
鶏もも肉	0.500(枚)	1
水	250.000(g)	1

表2　基準となるデータ

肉じゃが67件の平均		
要素	分量	重要度
砂糖	2.193(g)	1.015
じゃがいも	1.178(個)	0.896
たまねぎ	0.326(個)	0.881
しょうゆ	14.059(g)	0.791
にんじん	0.259(本)	0.597
みりん	12.828(g)	0.582
水	87.134(g)	0.388
酒	13.256(g)	0.388
だし汁	85.846(g)	0.179
豚肉	39.741(g)	0.164
牛肉	44.607(g)	0.134
サラダ油	0.820(適量)	0.134
ごま油	7.995(g)	0.134
(重み順に表示. 以下省略)		

表3　比較結果の値
砂糖がかなり強めの味付けになりそうです

要素	割合	重要度
砂糖	8.721	1.015
水	2.869	0.388
しょうゆ	2.267	0.791
サラダ油	1.220	0.134
じゃがいも	1.061	0.896
こしょう	1.000	0.015
鶏もも肉	0.869	0.048
たまねぎ	0.767	0.881
塩	0.500	0.060
にんじん	0.483	0.597
みりん	—	0.582
「おすすめ肉じゃが」固有の材料		
うまみ調味料	—	1
お酒	—	1

割合の欄には、表2の各材料の分量を基準とした時の表1の分量の割合が(砂糖の場合、19.125g÷2.193g=8.721)、重要度の欄には「基準」における材料の重要度が表示されている。棒線(—)は表1にのみ含まれる材料や、単位が合わずに比較できないもの。

コンピュータの歴史においては、通信速度の向上やCPUの処理能力の向上と、
それにともなうユーザの使い方の変化が相まって、さらなる技術の発展が
求められるという上昇スパイラルが繰り返されてきました。
現在、そのスパイラルがシステム全体にかかわる変革を呼び起こそうとしています。
その一端はすでに最先端のサービスで実際に使われ、新しいライフスタイルを
私たちにもたらしています。近い将来、生活全般に変革を起こすかもしれません。
ネットワークシステムがご専門の安田豊先生に、通信速度の向上がもたらす
コンピュータシステム全体の変革についてお話しいただきました。

ネットワークメディア学科
安田　豊 講師

通信速度向上から垣間見える コンピュータ技術の開発動向

通信速度の高速化から システム構造の変化へ

1960年代の銀行業務を皮切りに、ネットワーク利用の裾野は広まり、今ではほとんどの人がスマートフォンやパソコンから毎日インターネットを利用しています。

これを実現したのは通信の高速化です。1960年代には一秒間に300ビット※1ほどしか送れなかったのが、いまや国内では毎秒100メガビット(100Mbps)のインターネット接続サービスが普及しています。

提供できるデータの量が増えると、ユーザの使い方も変わります。

Webが広まり始めた1994年頃はせいぜい文字と静止画だけでしたが、今では動画、マウスでぐりぐりと移動できる地図、ゲームなどあらゆるものが提供されています。

そしてシステムの構造そのものにも変化が現れます。

2005年頃、そうした「ぐりぐりと動く地図」のはしりであったGoogle Mapsを手本として多くのアプリケーションがWebブラウザ上で使えるようになりました。

それまで「ソフトウェア」はインストールして使うものでしたが、今ではメイル、カレンダーなど多くの「サービス」がネットワークの向こう側で処理されるスタイルになりました。

データセンターの高速化が あなたの机に

近年、急速に拡大したサービス「Facebook」では、8.5億人もの世界中のユーザから浴びせられる大量の処理要求を、数万台のコンピュータを一カ所に集めてさばいています。

同じように大量のユーザを持つ多くの企業が大量のコンピュータを集めた施設、データセンターによって処理を行っています。

データセンターでは、大量のコンピュータをネットワークで接続して処理を分担しています。これは、一つの巨大なコンピュータシステムとも考えられます。

そこでは、処理の高速化のために10Gbpsネットワーク(恐らくあなたのパソコンの10倍速)の導入が進んでいます。

この高速化の動きは、あなたがたのパソコンにもすぐ反映されます。とても近い時期に、あなたの机にあるパソコンも10Gbps対応になるのです。

この背景には今のCPU開発の技術トレンドがあります。

CPU設計方針の変化: 並列・大量データ処理へ

1970年頃の誕生以来、パソコンのCPUは一貫して処理速度の向上を実現してきましたが、2005年頃にその限界が見えてきました※2。

そこでCPU会社は発展方向を単体速度ではなく並列度を高めることに切り替えました。すでにIntelは8コア(並列度で16)の製品を売っています。

こうした方向性の変化は、ユーザの使い方にも変化をもたらします。

並列プロセッサが最も有効に働く用途の一つは大量データ処理です。これが理由で、大量データ処理の典型例である画像処理、メディア処理が、ここ何年かで前面に押し出されてきたわけです。

再び通信の高速化へ

そして大量データ処理のために、CPUは高速なネットワークを要求しています。

2011年7月、Intelは10Gbitのネットワークチップ(部品)開発で有名なFulcrum社を買収しました。

じきにIntel社のCPUと10Gbitネットワークが搭載されたパソコンが店頭に並ぶようになるでしょう。

そしてインターネットの接続速度、実質上の転送速度も、それに呼応してもっと高速になるでしょう。

技術が利用者の欲求を押し、その需要が技術発展の背中を再び押すのです。

システム全体の バランスを感じる

ここまで話したことが、皆つながっていることが分かるでしょうか。

ネットワークの高速化、CPU の高速化によって「ちょっと画像が出るのが速くなった」「ちょっと処理が速くなった」などと喜ぶのは余りに近視眼的で、視野が狭いです。

最も大きく変わるのはシステム全体の設計バランスです。

ネットワークの高速化がコンピュータの機能そのものをネットワークの向こう側に移した。それを実現しているデータセンター内での通信の高速化が、再びあなたのパソコンを加速する。

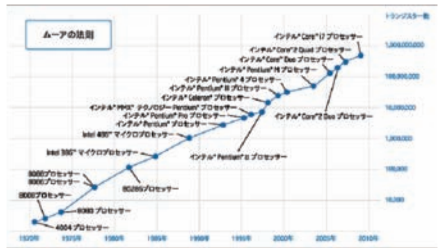
そうした変化の方がよほど面白いことはないですか。

今起きている変化の全体を俯瞰し、システム全体を揺るがす設計の根幹、つまりグランドデザインについて考え、実際にそれに携わる機会が多いことは情報技術分野のとても良いところだと思います。

※1　ビットはデータの単位の一つで、1ビットで0と1の二つの値を持てる。ビット8桁で0～255までの値が表現できるが、これが(皆さんご存じの)1バイト。

※2　原因は熱。1cm四方しかないCPUが100W以上発熱する。これは電気ヒーターと同程度の熱。

CPU性能の向上　　出典:インテル コーポレーション



Intelプロセッサの回路規模(中に含まれるトランジスタ数)増加の歴史(縦軸が対数目盛(一目盛りが十倍を意味する)であることに注目してください)

※無断転載を禁ず

研究分野紹介 19

脳の神経活動を変換し、それで直接機械を動かしたり、
直接脳に情報を送り込んだりできるブレインマシンインターフェイス
（Brain Machine Interface：BMI）の研究が進んでいます。
インターフェイスにおいて課題とされてきた操作する人間の反応の遅れが解消でき、
素早く操作するためのトレーニングも不要になるというメリットもあります※1。
「生き物は外界と相互に影響を与え合うことでそのありようを変えていく」
という考えに基づいた新しいタイプのBMI研究に取り組む赤﨑孝文先生に、
その現状と展望をお聞きしました。

インテリジェントシステム学科
赤﨑　孝文 准教授

意志を直接機械に伝える究極の福祉機器

脳科学とコンピュータテクノロジーの進展で高まる期待

現在BMIには、脳の情報を直接、機械に送るもの（脳からの出力系）と、機械の情報を直接、脳に送るもの（脳への入力系）とがあり、障がいを持つ人々のための福祉機器への応用や、ダイレクトな操作感からゲーム、アミューズメントの分野へと研究の裾野が広がっています。

私のテーマは福祉機器の分野で、目の見えない人のために外界の情報を直接脳の視覚野に入力し、それを知覚させようという試みです。出力系では、ロボットアームなどをはじめ、体を動かせなくなった人のために、思っただけで体を動かせる装置などの実用化を目指す研究が進んでいますから、これと組み合わせると、従来よりはるかに効果の高いリハビリの手段としても期待できます。運動のリハビリでは、理学療法士や補助具によって、体を動かすタイミングに合わせて、体が動いたことを視覚・感覚を通して脳に伝えることが有効だと分かってきているからです。

BMIを支えているのは、テクノロジーとコンピュータ、それに脳科学の進展です。脳科学の最新の成果によれば、人が見たものを「認識」する場合、脳のほぼすべての細胞が関わっています。一つひとつの細胞をすべて調べることは現在の技術でも不可能に近いことですが、脳の活動をイメージとして大局的にリアルタイムに見る技術が、膨大な新しい知見をもたらしました。特にここ10数年、コンピュータ技術の飛躍的な進展もあって、脳神経細胞は個別に働いているのではなく、一定の場所に集まっている細胞集団が協調して働いていることも分かってきました。

こうした成果を受けて、出力系では、今後10年ぐらいで大きな進展があると私は考えています。一方、入力系では、機械的な信号が脳へ入ってきた後にどうなるかがまだよく分かっていません。外界の物理信号をどのような仕組みでどのようなフォーマットで脳に送れば、自然な情報として処理できるかを知ることが課題で、実用化には数10年のスパーンで考えなければいけないかもしれません。

ロボットアームから探るBMIの可能性

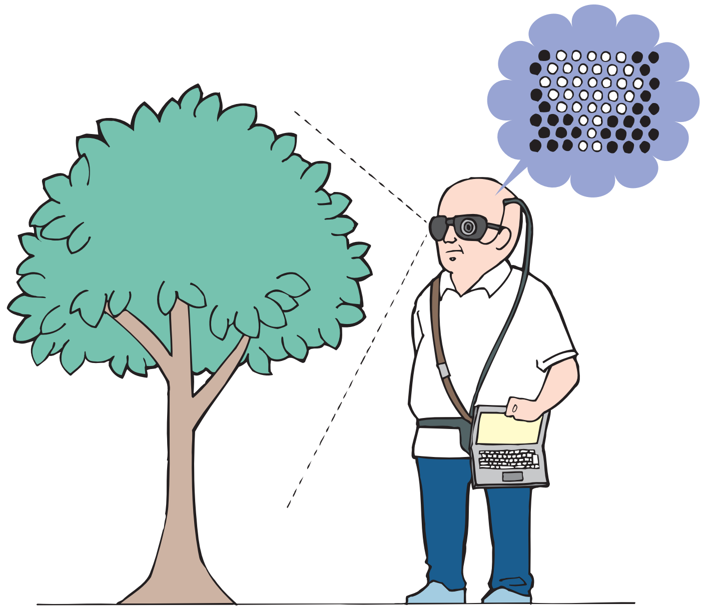
現在、学生と共同で、筋肉の動きに伴う神経活動を利用してロボットアーム（マニピュレータ）を制御する研究を行っています。これは厳密には"Brain"Machine Interfaceではありません。脳から筋肉に送られた神経活動をコンピュータで処理し、どうすれば意のままに操作できるか、よりなめらかに動かせるかなどの研究です。多くのロボットアームは、硬い障害物に当たっても力を制御できず、押し倒したり壊したりしますから、それを防ぐためにロボットアームからの感覚フィードバックシステムも研究しています。

感覚フィードバックを有するロボットアームの遠隔操作が可能になり、インターネットを介して自由に操れるようになれば、人はそれを体の一部と感じるのか、脳科学にとってもきわめて興味深い実験だと考えています。

動物が道具を使っている時、道具の先までが自分の手であるように脳は錯覚していると言われています。心理学でも、人は道具に慣れると、自分の手がそれだけ伸びたかのように錯覚するとも言われています※2。脳が直接、コンピュータの画像を思いどおりに動かせれば、人はそれらを自分の一部として認識するかもしれません。同様に入力系では、外界のイメージを直接脳に送りこむ人工的な感覚器ができれば、目などに障がいのある人にとって究極の福祉機器となります。

一方で、感覚器が伝える外界は本物なのか偽物なのか区別がつけられないという問題が浮かび上がってきます。BMIの研究が進めば進むほど、人間とは何か、認識とは何かという永遠のテーマに、私たちは繰り返し向き合うことを強いられます。

※1　単純な反応でも200ミリ秒（5分の1秒）程度、機械の表示を理解し、操作するにはさらにコンマ数秒以上の時間が必要となる。このタイムラグは、どんなにトレーニングしても0にすることは難しい。
※2　片手を失った人が無いはずの手の痛みを感じるなどの「幻肢」という現象が知られているが、鏡に映った手を見て、なくした手と勘違い（!）することで痛みが消える例が報告されている。



入力系BMIはまだ図のような段階だが、いずれは自然な情報を処理できるようになる。

研究分野紹介 20

「見る」これは誰でも日常的に無意識にしている行為です。
物に目を向ければそれが見え、何であるかが瞬時に分かります。
物が見えるとは、目から入った画像の情報が脳に受容されることですが、
実は「見る」というメカニズムは非常に発達し、
脳の中で複雑な情報処理が行われているのです。
視覚情報処理という視点から脳の研究をしている伊藤浩之先生に、「見る」とは何か、
「見る」時に私達の脳では何が起こっているのか、お話を伺いました。

インテリジェントシステム学科
伊藤　浩之 教授

錯視・錯覚から迫る脳の視覚情報処理メカニズム

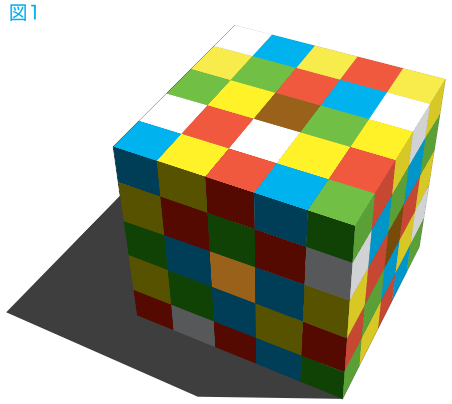
同じ色が違って見える!

図1を見てください。一面にタイルを25枚貼った立方体があります。上の面の中央のタイルの色は茶色ですが、手前の側面の中央のタイルの色は何色でしょうか？　オレンジ、うす茶色などに見えるのではないでしょうか。ではその2つ以外のタイルを隠した図2を見てください。実は、2つのタイルはまったく同じ色なのです。さらにもう一度、図1で2つの色を比べてみてください。やはり、異なる色に見えます。どうしてこのようなことが起こるのでしょうか。

光はいろいろな波長を持ち、どの波長を反射するかで色が決まります。図の中の同じインクを塗った2つのタイルの波長はまったく同じです。しかし異なる色に見えます。ここから分かるのは、私たちは目に入った物理的な波長そのものを見ているわけではない、ということです。

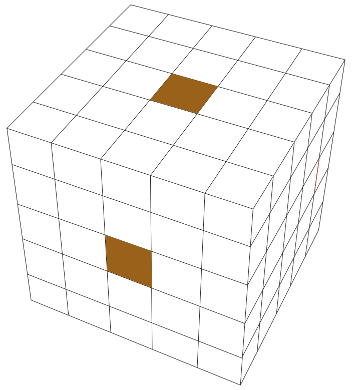
この立体図形の側面は上面に比べ、色がくすみ濃い色になっています。私たちは上面に光が当たり、手前の側面は影になっていると認識します。そして、面の暗さを判断し、影の面にある色は明るいところではもっと薄い色であるはずだと計算しているのです。この計算は一瞬の間に、しかも無意識に行われるので、種明かしを聞いた後でもやめることができません。

図1



図原案　nature neuroscience vol.2 no11,november 1999

図2

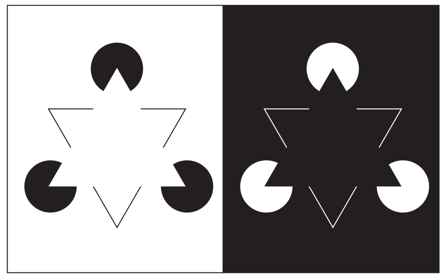


ないものが見えるアルゴリズム

図3は有名な錯視図形で「カニッツァの三角形」と呼ばれています。明らかに空間の何もないところに三角形の辺が見えています。しかも三角形の中の白い部分は、その背景の色よりも明るく見えます。

切れ込みが入った3つの円をランダムに動かし、一直線が3つできることは0に等しい確率です。それよりも、3つの円の上に三角形が乗って、円の一部を隠していると考えた方が確率が高い。脳には確率の高い方に認識するようなアルゴリズムが備わっているようです。

図3　カニッツァの三角形



脳の優れた能力が錯視を起こしている

私たちが外の世界を知覚するとき、その役割を担っているのは脳なのです。視覚体験をしていく中で、脳は様々な学習をしています。脳の神経回路がどんどん出来上がっていき、やがて、目に入ってきたデータに対して計算を自動的に行うようになり、周りにある物への知覚に適応していきます。このアルゴリズムは通常の物の知覚に対しては最適化されていて、うまく答えを出します。しかし、錯視絵のようなトリックのある絵だと、この最適化されたアルゴリズムの癖のために、間違った答えを出すのです。つまり錯覚が起こるのは、人間の「見る」能力が優れていることの証拠です。もしも脳にこのような機能がなく、単に物理的に物を見ることしかできなければ、錯視は生じませんが、限られた情報から柔軟な認識を行えず、単純な対象を認識するのにも時間がかかってしまうでしょう。

あるメカニズムを調べる時、正解ばかりが返ってくる例では、どこに問題があるのか分かりません。錯覚は、どのようなときに入力された物理的なデータと脳が計算した結果である知覚との間にズレが生じるのかを教えてくれます。このズレによって、アルゴリズムの特徴が分かり、脳はどのように世界を解釈しているかを研究することができるのです。

脳科学の可能性

よく間違われるのですが、視覚情報処理の研究は目の構造の研究ではありません。脳が行う情報処理のメカニズムを明らかにすることで、脳つまり人間を理解する研究なのです。

現在ではコンピュータの技術的な限界によって人間とコンピュータの関係が規定されている部分がありますが、脳のアルゴリズムが明らかになり、コンピュータ科学への応用が可能になれば、コンピュータがより人間に近づき、人間を主体としたコンピュータ社会の実現が期待できるようになるでしょう。

今日、コンピュータなどの情報機器や家電製品などの性能は、急速に向上しています。しかし、操作が複雑になっていたり、不必要な機能がついていたりと、全てが使いやすくて、よいものになっているかというと、そうでもありません。家庭環境にロボットを組み入れることで広がる新しい可能性や、人間の知性とロボットの知性との共生について、上田博唯先生にお聞きしました。

インテリジェントシステム学科
上田　博唯 教授

ユビキタス※社会のパートナーは気の利くロボット

ユビキタスな生活環境の通訳者「Phyno（フィノ）」

私は「人間の知性とロボットの知性の共生」というテーマで、対話型ロボットを使ったさまざまな研究をしています。現在、研究室で使っているのは、私が以前開発した小型のコミュニケーションロボット「Phyno(フィノ)」です。

最近は、情報機器や家電製品などの機能が増え、操作方法が複雑化しています。みなさんも、機械に詳しい人にわかりやすく説明してもらいたいと考えたことはありませんか。その時こそPhynoの出番です。つまり、Phynoは、情報機器や家電製品などと、そこで生活する人の間で、まるで通訳者のように活躍するロボットなのです。

Phynoにはマイク、カメラ、スピーカーが内蔵されていますから、人間とは音声で会話をします。「少し暗いね」と話しかけると、部屋を適切な明るさに調整してくれたり、料理の献立を考えるのを手伝ってくれたり、電子番組表の中から面白そうなテレビ番組を探してくれたりもします。ロボット1台で、リモコンなどの操作が一切不要な生活空間が実現できるのです。

人とロボットとの新しい対話

Phynoは、自動的にテレビを点けることがあるのですが、そんな時に「どうしてテレビを点けたの?」と聞くと、「前に楽しそうに見ていた番組と似ている番組がもうすぐ始まるからだよ」と、理由を説明してくれます。この能力は、人とロボットとの間に、従来なかった新しい関係作りを可能にしていくものだと考えています。

ところで、こうしたユビキタスネットワーク環境におけるセンシング技術は、個人の情報を長期間に亘って大量に蓄積しますから、取り扱いには注意が必要です。個人情報を本人がコントロールできるような環境を整えておくことが大切ですし、プライバシーに係わる分野についても、法律の専門家を交えた研究を進めています。

目指すは気の利くロボット

Phynoは「通訳者」のような存在であるといいましたが、ユビキタス技術を使ってユーザの嗜好・情報を認識したり、忘れ物をチェックしたり、各人の秘書のようでもあり、かつ「よく気の利く」パートナーのようでもあるといえます。このように色々な側面から、私たちはPhynoが具体的にどういったことができればよいのかを研究しているのです。

まず、具体的な目標としては、情報機器や家電製品などの取扱説明書がなくてもいいようにしたいと考えています。現在の機器は、さまざまなニーズを持ったユーザの要望に応えようとしすぎて、過剰に複雑化しています。その結果、取扱説明書は分厚くて難解になり、これでは性能がいくらよくなっても、役に立ちません。

こうした問題を解決する一つの方法として、システム設計者が作った世界的に共通化された仕様書を対話型ロボット(Phyno)に読み込ませて、ロボットがユーザに合わせた説明をする仕組みを開発しようと考えています。ただし「ユーザに合わせて」説明するためには、ユーザである人間のことをよく知る必要があります。質問したらわかりやすく説明してくれる、人の話をきちんと理解できるなど、人間から見て「なるほど」と思ってもらえるような"対話"ができるかどうかが、人間のよきパートナーになれるかの大きな鍵を握ります。これまでの技術で開発されてきた知的システム(冷たい知性)だけでなく、温かい知性を持つロボットのあるべき姿を追求していきたいと考えています。

※1988年にアメリカのマーク・ワイザーが「生活環境のあらゆる場所に情報通信環境が埋め込まれ、利用者がそれを意識せずに利用できる技術」をユビキタスコンピューティングと定義して、これを提唱したのが、現在の概念としてのはじまり。「ユビキタス」の語源はラテン語で、「どこにでもある」という意味。

Phyno（フィノ）。対話をしながら首や手、胴体を動かす"仕草"で愛くるしいコミュニケーションをとる

朝の服装選びの悩みも、ロボットに相談すればたちどころに解決

地図が読めなくても平気、街角にいるロボット達が親切丁寧に道案内

実験住宅の中でロボットと生活しながらの研究も

岡田憲志先生の研究室では、音声や画像、センサーからの情報をコンピュータで処理し、外部の機器を制御することを基本方針に、卒業研究ではその範囲であれば、思い思いのモノを開発することができます。最近では、福祉分野で活用されるモノつくりにも挑戦する学生が増えています。コンピュータを接点に、高度な物理実験を支える計測技術や検出装置の開発、膨大な量の情報をやり取りする技術といった岡田先生ならではのノウハウをベースに、楽しいモノつくりの世界を体験してみて下さい。

インテリジェントシステム学科
岡田　憲志 教授

情報処理と制御システムの技術で豊かなバリアフリー社会を

近未来の電動車椅子

美術館や博物館の中で、乗った人が話しかけるだけで自由自在に動き回る車椅子――高齢者や障害者に優しい施設や街づくりが、全国各地で進められる中、エリアを限れば、こんな車椅子が走り回るのが見られる日もそう遠い将来のことではありません。

実現するための原理は簡単です。まず、限定された施設内に車椅子の通行できる設備を設け、要所要所に超音波発信装置を設置し、車椅子に搭載した受信機と組み合わせて、車椅子の位置情報を数cm～数10cm程度の精度で把握できるようにしておきます。このシステムは、GPSに対してLPS(局所エリア内測位システム)と呼ばれます。

車両は市販の電動車椅子を改造して使います。右の写真は2003年度に、卒業研究として当時の4年生5人と一緒に製作したプロトタイプです。

①が人の音声指示を認識するマイクおよび頭脳となる車搭載用の小型コンピュータ。②が前方の様子を映し出すカメラ。③が超音波センサーで、左右2箇所から超音波を発し、それが跳ね返ってくるまでの時間から車椅子の位置と方向を測るとともに、前方5m先までの比較的硬い物体を検出します。④はそれを補う赤外線センサーで、前方80度内の8m先までの人間や生物を検出します。人間などの生物は表面が軟らかく、超音波をあてても反射しにくいため、ドアセンサーと同様、体温に反応する赤外線が有効なのです。また、カメラでは2m先までの床面の画像しか視野に入りませんから、それより先の物体については超音波センサーと赤外線センサーとであらかじめ検知し、それがカメラの設定した危険ゾーンに入ると制御部に危険を知らせるようにしておきます。

⑤は段差センサーで、超音波センサーと同じ原理で20cm先のくぼみ、段差、溝などを検出します。⑥は移動量センサーと呼ばれるもので、銀、黒の反射板とそれを読み取るフォトセンサーからなります。左右の車輪のそれぞれの速度と移動量を連続的に測り、危険物に接触するまでの時間や、これまでの移動経路・距離、現在のスピードなどを運転者に伝えます。

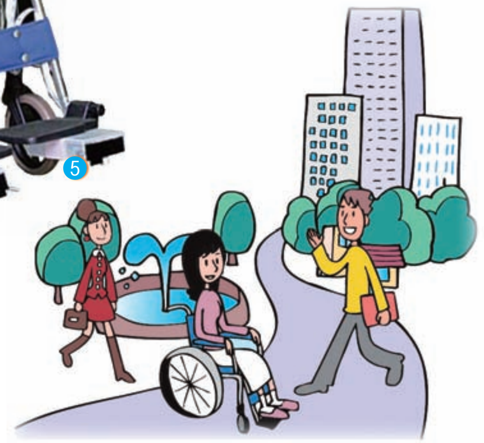
システムとしては、音声認識、画像処理および各センサーによる検出システム、それとコンピュータによるこれらの処理判断を駆動部に伝えるインターフェイス回路、それに位置情報確認システム、自動走行システムなどの開発が必要です。

制御システムの改良が今後の課題

この車椅子では、制御はすべて乗っている人の音声で行ないます。使用される言葉は前進、後退、右折、左折、停止、加速、減速の7種類。特定の人がトレーニングした場合の認識率は98%ですが、指示する人が不特定の場合は60～70%まで低下しますから、今後は認識率の向上をはかるとともに、人ごみの中でも雑音に迷わされず指示だけが聞き分けられるようにしなければなりません。

また現状では「停止!」でモーターが止まるだけで、コンピュータで処理されたカメラやセンサーからの情報は、運転者には伝えられても、直接制御システムには連動していません。そのため、今後実用に当たっては、画像やセンサーによる情報をいかに制御システムへ組み入れるかも大きな課題です。また、段差センサーの計測到達距離を長くすることや、緊急停止機能の開発も欠かせません。

さらに深さ情報をもった映像を取得できるKINECTセンサーを用いて、前方の人や物の形と距離を立体的にとらえ、動いている物と止まっている物とを区別できたりすることも計画しています。その上で、衝突を予測したら、単に停止するだけでなく、うまく回避するような自動制御のアルゴリズムも考えていきたいと思っています。



コンピュータプログラムは仕事の手順書のようなものです。
プログラムによってコンピュータはさまざまなデータを処理することが可能になっていますが、
一般的には人間の手でよりよい手順書が与えられます。
もし人間のように自ら学び、自ら問題を解決するようなプログラムが
作られたとしたら私たちの世界はどのように変わるのでしょうか。
岡田英彦先生が研究しているのは、生物の進化を工学的に真似た
遺伝的アルゴリズム（GA－Genetic Algorithm）。
このアルゴリズムのしくみと応用について、ロボカップサッカーを例にお話いただきました。

インテリジェントシステム学科
岡田　英彦 教授

遺伝的アルゴリズムを使った進化するプログラム

遺伝的アルゴリズム（GA）を使った自ら強くなるチーム

ロボカップサッカー※1の中でも、コンピュータ内の仮想フィールドで人工知能プログラミングされた選手同士が対戦するシミュレーションリーグを研究の題材にしています。「強い」チームになるように選手の個人技や選手間の連携などに工夫を凝らしたプログラムが作られていますが、この場合、人間の発想の枠を超えられません。そこで、生物の進化の過程をもとにした遺伝的アルゴリズム※2を使うことで、自ら"強く"なるプログラムを作れないかと考えました。

まず、パラメータ※3の値をランダムに決めたチームを数多く作ります。続いて、サンプルプログラムのチームと試合をさせ、各チームの強さによって淘汰を行います。試合結果の得点と失点を見て、チームの強さを判断、強いチームだけが親になり子を残せます。選ばれた親同士を交叉(こうさ)させて新しい世代(子)を作り出し、最後に一定の確率でパラメータをランダムな値に置き換える突然変異を加えます※4(図1)。

単目的GAと多目的GA

簡単な実験も行っています。

チームの順位付けを1つの評価基準で行い、その値を進化させようという「単目的GA」では、得点が多く失点は少ないチームほど「強い」と評価しました。親チームから子チームを作るのには、「一点交叉」の方法を使いました(図2)。

シミュレーションを行うと、チームの進化を示す結果が出ました。しかも、対戦相手が攻撃重視型の場合は失点を抑えるような進化が、守備重視型の場合は得点を増やすような進化がそれぞれ見られたのです。生物が環境の変化に合わせて進化するのと同じです。

また、複数の観点で評価する「多目的GA」の実験も行いました。たとえば「10対11で負けたチームA」と、「2対1で勝ったチームB」の2チームがあるとします。勝敗だけを見ればBが「強いチーム」ですが、結果は負けでもAは10点もの得点を挙げています。チームAの遺伝子には「得点を多くとる」のに有効な特徴が含まれている可能性が大きいのです。「多目的GA」の場合、Aのようなチームは「得点能力の高いチーム」、Bのようなチームは「失点防止能力の高いチーム」として、どちらも高く評価することができます。

交叉の方法は「一様交叉」(図2)に変更しました。60チームで100世代以上のシミュレーションを行うと、世代が進むにつれて、得点主義のチーム、失点防止主義のチーム、得点・失点バランス主義のチームに分化しながら進化していきました(図3)。多目的GAを用いることで、いろんな特徴を持ったチームへと進化させられることがわかったのです。

チーム単位から選手単位へより複雑なGAへ

最近のAI研究では、コンピュータが数ある情報から役立つ知識を見つける(＝学習する)ことや知識をもとに新しい結論を得る(＝推論する)ことに重きが置かれています。

GAも学習アルゴリズムの一種と考えることができます。生物であれば何万年もかかる進化の過程を、コンピュータは計算パワーを使って瞬時に繰り返し、最適な結果を導こうとします。ロボカップサッカーでは初期世代を強いチームから始めることもできます。しかし、サッカーのことを知らないまま勝手に強くなるチームを作ることができたら他にも応用が利きそうですから、ランダムな値から始めて結果を出したいと思っています。

これまでの研究では、まだ、評価尺度は試合結果のみ、対象もチーム単位です。しかし、実際の評価尺度はこれだけではありません。シュート回数、パス成功回数、アシスト回数、ボールの保持時間など、多岐に渡ります。これらの観点からも評価を行うためには、対象を選手単位にする必要があるでしょう。評価方法はかなり複雑になりますが、今後進めていければと考えています。

※1　「2050年にサッカーの世界チャンピオンに勝てる、自律型ロボットのチームを作る」ことを目標に人工知能やロボット工学などの研究を推進し、さまざまな分野に応用させることを目的としたランドマーク・プロジェクト。
※2　生物は親から遺伝子を受け継ぎ、自然淘汰を繰り返すことで環境に適した遺伝子を残す。GAは、この進化の過程をヒントにして考え出された。
※3　選手の動作を制御するために設定する値。
※4　強い親チーム同士から生まれる子チームが、似たチームばかりに偏ることを避けるために突然変異を加える。

図1

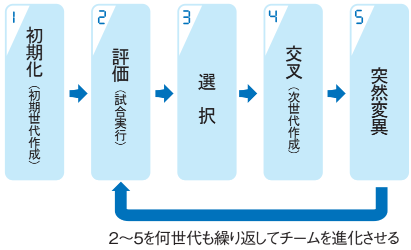
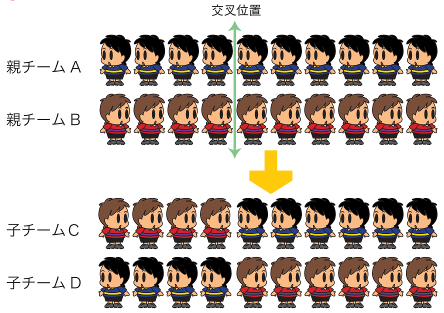
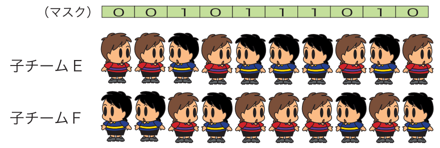


図2
●一点交叉



●一様交叉



交叉のもととなるランダムなマスクパターンを作成し、それに従って遺伝子（ここでは選手にあたる）が入れ替わる。子チームEはマスクパターンが0の位置では親Bの選手を、1の位置では親Aの選手を受け継ぐ。子チームFではこの作業の逆を行う。

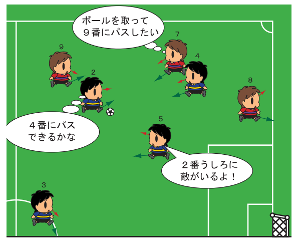
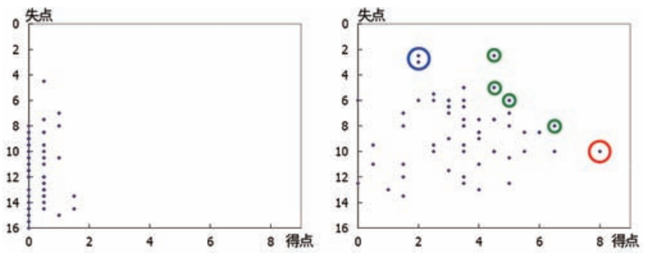


図3



計算速度も記憶容量もどんどん高まり、
ソフトウェアの使い勝手も改良が重ねられているにも関わらず、
一向に便利にならない分野がコンピュータには残されています。
感性に関する分野がその一つ。
「格好いい靴」や「かわいい服」という言葉のニュアンスをうまく理解する、
人の感性に関する分野はほとんど手がつけられていないのです。
感性情報学がご専門の荻野晃大先生に、コンピュータに人の感性を
理解させるための技術についてお話しいただきました。

インテリジェントシステム学科
荻野　晃大 講師

感性モデリングでデザインに関するユーザの好みや印象を理解する

私のデザインの好みを理解するコンピュータ

ネットショッピングで「かっこよくて、好みに合う洋服」を探したいとしましょう。ひとり一人で「かっこいい」という基準は異なります。例えば、細身のTシャツを「かっこいい」と思う人もいれば、ゆったりしたTシャツを「かっこいい」と思う人もいます。このように、他のユーザが「かっこいい」と思った洋服でも、自分が「かっこいい」と思うとは限りません。また、洋服を「好き」と決める基準も、ひとり一人で異なります。例えば、2人の人が同じ洋服を好きであると考えたとしても、一人は水色が良くて好きであると思い、もう一人は細身なシルエットが良くて好きであると思ったりします。ネットショッピングでユーザが「かっこよくて、好みに合う洋服」を探すためには、コンピュータがひとり一人の「感性」を理解しなくてはならないのです。

ラフ集合を用いた感性モデルの構築

ユーザの感性をコンピュータに模倣させる仕組みを感性モデルと呼び、この感性モデルを正確に構築(モデリング)することが私の研究の目標です。感性モデリングにはさまざまな方法がありますが、私が使っている「ラフ集合」を用いた方法により、あるユーザXのTシャツの好みの推定方法を説明しましょう。

ユーザXは、どのような属性を持っているTシャツに対して、「好きである」と感じるのでしょうか？それを調べるために、表1に示した洋服の情報が与えられたとします。

s1～s6は洋服の名前、最上段の「色」「イメージ」などは属性、各洋服の属性の値「Vネック」や「カジュアル」は属性値です。説明のために簡略化していますが、実際には属性が100個や200個という場合もあり、洋服の数はユーザがシステムを利用するたびに増えていきます。

次に、無数に考えられる洋服を表現する属性の中から、人が洋服の好きや嫌いを判断するときに認識する(区別する)最小限の属性だけを抽出する「縮約」という作業を行います。この例では、色、イメージ、ポケットの3属性か、素材、イメージ、ポケットの3属性によって、6つのサンプルを区別できるので、5属性から3属性まで縮約します。

ここで、表1に示した洋服に対して、ユーザXが「好き」(1)、「嫌い」(2)という判断をしたとします。洋服とユーザの嗜好との関係を示した表が表2です。説明のためポケット属性は省きました。計算のため各属性をA～D、属性値をA1、A2などに置き換えます。

「好き」s1、s4と「嫌い」s2、s3、s5とを対比させる(s6はs2とは属性値が全く同じなので含みません)と表3が得られます。これは、サンプルごとにどの属性値が「好きである」に影響を与えたのかを表しています。そして違いをすべて書き出し、それらの共通部分を論理演算で求めます。

s1については

$(B1 \vee D1) \wedge (A1 \vee B1 \vee C1 \vee D1) \wedge (A1 \vee B1 \vee C1)$

$=(B1 \vee D1) \wedge (A1 \vee B1 \vee C1)$

$=A1 \wedge D1 \vee B1 \vee C1 \wedge D1$

同様にして、s4についても求めると

$(A2 \vee B1 \vee C2 \vee D1) \wedge (B1 \vee D1) \wedge B1$

$=(A2 \vee B1 \vee C2 \vee D1) \wedge B1$

$=B1$

さらに、これらを1つの式に合わせると

$(A1 \wedge D1 \vee B1 \vee C1 \wedge D1) \vee B1$

$=B1 \vee A1 \wedge D1 \vee C1 \wedge D1$

※∨:和集合　∧:積集合

こうして求められたものをラフ集合では「決定ルール」と呼びます。このルールはユーザXが好きであると感じるときの関係する属性・属性値を示しています。この場合から、ユーザXは「B1(Vネック)」、「A1∧D1(無彩色かつカジュアル)」、「C1∧D1(綿かつカジュアル)」という属性・属性値を持った洋服を好きであると感じると推定できます。

広がる応用分野

応用分野は身近なところで多岐にわたり、従来の技術では困難だった「格好いい」「さわやか」「かわいい」といった印象語を使って、自分の感性に適した商品や情報の検索を可能にすることや、さらにコンピュータの感性がもっと豊かになれば、ユーザの感性モデルを基に、ユーザ自身でも気づかなかった好みに適する商品を提案するなど、気の利いた機能を持ったコンピュータが実現されるかもしれません。

感性工学の発展は生活に直結する分野に大きな影響を与えるでしょう。デザイン工学と人の心のモデル化が結びつくことでコンピュータの可能性は飛躍的に広がるのです。

表1

	色	襟	素材	イメージ	ポケット
s1	無彩色	Vネック	綿	カジュアル	有り
s2	無彩色	丸襟	綿	アウトドア	無し
s3	有彩色	丸襟	合成繊維	モード	無し
s4	有彩色	Vネック	合成繊維	カジュアル	有り
s5	有彩色	丸襟	合成繊維	カジュアル	無し
s6	無彩色	丸襟	綿	アウトドア	有り

表2

サンプル	A	B	C	D	選好
s1	A1	B1	C1	D1	1
s2	A1	B2	C1	D2	2
s3	A2	B2	C2	D3	2
s4	A2	B1	C2	D1	1
s5	A2	B2	C2	D1	2
s6	A1	B2	C1	D2	1

表3

	s2	s3	s5
s1	B1,D1	A1,B1,C1,D1	A1,B1,C1
s4	A2,B1,C2,D1	B1,D1	B1

感性モデリングの3人のユーザの例

画面上のユーザは「色」に加え襟の形も重視しているのに対して、中央のユーザは「茶色」「灰色」「濃い青色」など「色」が選好に大きく影響していることが分かる。

生体計測・情報技術の発達と遺伝子の解明から、急速に進む脳研究。
かつて劇的な進展が起こると予測された2010年を迎え、
その行方にはますます注目が集まっています。
「やるべきことは一杯ある」から、自分の考えを日々蓄積しておくだけで
上手に予定を管理してくれる“脳手帳”がほしいと考える奥田次郎先生。
その開発を見据えて基礎研究に、日々、余念がありません。
そんな夢のような技術が本当に実現できるのか、
世界的にもまだ始まったばかりの研究について
理論と実験の両面からお話しいただきました。

脳は未来をどう考えているのか

インテリジェントシステム学科
奥田　次郎 准教授

“脳手帳”と脳神経科学のこれからの課題

「何分か後に～～をしよう」という《意図》を人はずっと覚えているわけではありません。一旦それを忘れて他のことに没頭し、しかるべき時間が経った段階で想い出すのが普通です。なぜ、その時に人はそれを《想い出せる》のでしょうか。

このような心の機能の脳メカニズム、つまり脳のどの領域が、意図の想起にかかわっているのかは、あまり研究対象にされてきませんでした。しかし、このような複雑な脳の機能を解明し、人間の脳活動を情報化できれば、予定をいちいち手帳に書かなくても頭で考えるだけでいいソフトウェア“脳手帳”を開発することも夢物語ではありません。

実験から見えてきたこと予見と記憶には共通点が多い

私たちはまず人が未来を予見する際の脳メカニズムを確かめました。手掛かりは記憶の利用です。人間は未来のことを考える際、多くの場合、過去の経験を参照しているからです。

写真は、過去を想い出しているときと、未来を予見しているときとを比べた画像です。左が未来を予見している時の画像で、前頭葉の先端部のaと頭頂葉の内側部が活発に働いています。真ん中は過去を想い出している時の画像です。活発に働いている場所がほぼ一致しています。記憶と予見とには共通して、前頭葉から頭頂葉にかけての大脳皮質の内側ネットワークが深くかかわっていることがわかりました。

さらに、遠い未来、近い未来などの時間的な遠近と活動する領域にも対応があり、記憶と予見は、構造や対応する脳の活動領域も驚くほど似通っているのです※1。

人の意思決定はきわめて曖昧

次の課題は意思決定や主観的選択などの、予見を行動に移す心の機能の解明です。私が行っている「推測的な報酬予測※2」の実験では、喉の渇いた人にたくさんのドットが左右に流れる動画（ランダムドットモーション）を見せて、どちらに流れているように見えたかボタンを押してもらいます。流れた方向に応じて報酬がもらえ、例えば左に流れればおいしいジュースが、右に流れれば味のない人工唾液水がストローで口に入ります。報酬は正誤にかかわらず流れる方向で決まっています。動画の区別がつきにくい場合が、推測しながら報酬予測を行う状況となります。

写真右は、区別がつきにくい動画に対して「左」（ジュース方向）と答えた場合を「右」（唾液方向）の場合と比べた結果で、dの部分が顕著に活動しています。ここは、過去を想い出し、未来を予見する時に働くa,b,cに極めて近い場所です。実際の画面の動きが唾液方向であっても、ジュース方向だと思えば活動してしまうこともわかりました。

左右がはっきりとわかると、反射的に反応する大脳基底核が活発に働きます。dが働くのは、判断がむずかしかったり、思い込みや期待などを込めたりする場合だと解釈できます。

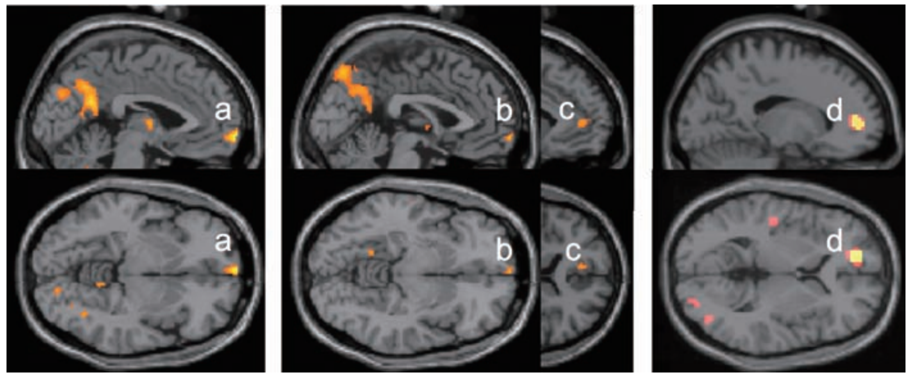
脳の内側ネットワークが鍵を握る？

一連の実験から、前頭前野の内側部を、記憶から未来の予見を導き、判断が難しい状況での意思決定を担う場所ではないかと考えています。研究者の中には、自分自身を様々な時間・場所・主体に「自己投影」する機能を司る場所ではないかと言う人もいます。過去を思い出すことは「過去の自分」に、未来の予見は「これから先の自分」に、他人を思いやることは「相手の心」に、自分を「映しかえる」ことだと考えるのです。

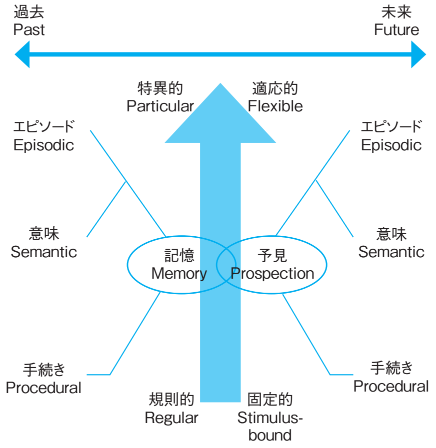
「自分とは何か」、「意識とは何か」といった、これまで哲学や心理学の命題とされていたものに、脳神経科学は急ピッチで迫りつつあります。意思決定のメカニズム、意識・無意識の違いは脳のどんな働きによって生じるのか、なども次第に明らかにされつつあります。そして脳手帳は、その少し先にあります。

※1　ここではすべて長期記憶のこと。長期記憶は、1回ごとの経験の記憶である《エピソード記憶》と、ものや言葉の意味のような抽象化された状態で保持される《意味記憶》、そして車の運転など、一旦覚えてしまえば後はほとんど無意識で行えるような《手続き記憶》に分けられる。これらを担う脳の領域も、記憶の種類によってそれぞれ異なることが知られている。オーストラリアの進化心理学者であるサダンドルフ博士らは、未来の予見も、上記のような過去の記憶と共通の枠組みと用語で整理できると提唱する（図）。

※2　情報が少なく、明らかに報酬が得られるかどうか分からない状況で働く、類推的な予測。推論に基づいた意味的予見のひとつであると考えられる。



上段は脳の内側を真横から、下段は真上から、それぞれ見た状態。向かって右が前、顔方向。各課題で活発な活動が見られた箇所をオレンジや黄色で示している。



高度情報社会の到来で、私たちは膨大な情報やサービスを
手軽に利用できるようになりました。
しかし一方で、私たちは得た便利さの分だけ、
豊かになったと言えるでしょうか。
溢れるほどの情報の中から、本当に欲しい情報・必要な情報を
選び出せているのでしょうか。
情報社会が抱えるこの課題に対して、
個人適応技術で立ち向かう河合先生にお話を伺いました。

情報社会に多様な豊かさをもたらす個人適応

インテリジェントシステム学科
河合　由起子 准教授

コンピュータは画一的なものじゃない

現在の一般的な情報検索技術では、同じキーワードを入力して検索すると、どんなユーザにも同じ検索結果が返ってきます。本来コンピュータは、プログラムを工夫することで、一人ひとりに違った振る舞いができる情報機器です。誰が使っても同じ結果でなければいけないという理由はありません。

「ある人にとっては必要であるが、他の人にとっては不要である情報」をその人ごとに選別し、その人にとっての必要な情報を提供することを「個人適応技術（personalization）」といいます。

個人適応を実現するためには、大きく分けて3つの方向からのアプローチがあります。1つ目は、書き手（Webサイトの制作側）や読み手の好みを分析する技術。2つ目は、情報をユーザの要求に応じて提示する技術。3つ目は、ユーザの疑問や感想をフィードバックすることで、様々な情報と融合させる技術です。

アプローチ1
印象の評価

1つ目の技術は個人適応の核となる部分で、私もいくつかのソフトを開発しています。世界中の情報を集めてきて、ユーザの嗜好に合わせて記事を推薦する「MPV（My Portal Viewer）」や、書き手や読み手の感性を抽出する技術などです。

これらのソフトは、Webサイトの記事を自動的に集めて分析し、サイトや記事の印象を評価します。名詞の出現頻度と、形容詞の意味内容を調べ、どういった感情の組み合わせで使われる言葉なのかをデータベース化した感情辞書に基づいて分析します。

アプローチ2
検索の個人適応

本来、検索プログラムとは、探し出したい情報に少しでも近づけるよう開発・改良されていますが、これを逆用して、検索結果の上位に表示させるビジネスが成り立っています。これでは、ユーザが読みたい情報や価値のある情報がずっと下位になってしまいかねません。

そこで、個々のユーザにとって必要な情報を上位にランキング提示できる検索システムを研究開発しています。従来の検索サービスでは、複数の検索キーワードを含む検索はできますが、各検索キーワードに対して優先順位をつけることは困難です。開発した検索システムでは、各検索キーワードに対して、0.9や0.3など重みを与えることで、重要な検索キーワードや補完的な検索キーワードとして検索を行い、欲しい情報を上位にランキングすることができます。

図1のレーダーチャートの各項目は、ユーザが選択した検索キーワードに対する重みを表しています。この重みに従ったランキングが実現できています。

アプローチ3
個人適応に基づいた情報融合

3つ目は、個々のユーザが抱く疑問や感想をWebサイト制作側や他のユーザへフィードバックする技術です。情報を獲得したユーザが、情報のどの部分に疑問をもっているのか、あるいは感動したのか、といったことが効率的にフィードバックできれば個人適応の精度を高めることが可能になります。

図2は、開発した「つながる検索」というツールバーを使って、ページを閲覧しながらユーザが内容に対して感想や疑問を書き込んでいる様子です。この書き込みは、このページを訪問したユーザが他のページを閲覧していてもリアルタイムに閲覧することもできるため、すぐに疑問や感想を知ることができます。もちろん、すぐに返信することもできます。

技術と社会とのバランス

個人適応技術には大きなジレンマがあります。完全な個人適応は一つの理想ですが、人々の共通情報を奪い取ってしまう危険性も潜んでいます。ある程度の情報の共有は、社会生活を送る上での前提なのです。

そこで、ユーザに推薦する情報のバランスを取ることも重要となってくるでしょう。偏った情報にならないように、ユーザの嗜好に反する記事も見せるなど、バランスの取り方が求められます。

便利さだけでは、私たちは豊かになれません。これからの情報技術には、より広い目で見た「使いやすさ」やあえて不便さを残した「人に対する優しさ」が求められるようになるでしょう。

図1　レーダーチャートランキング

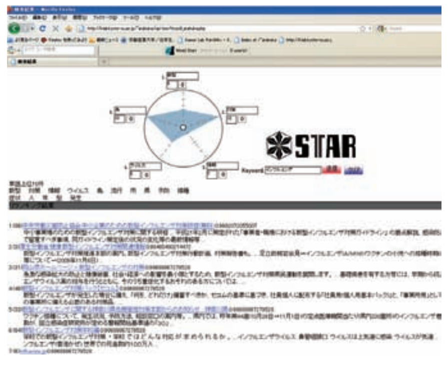
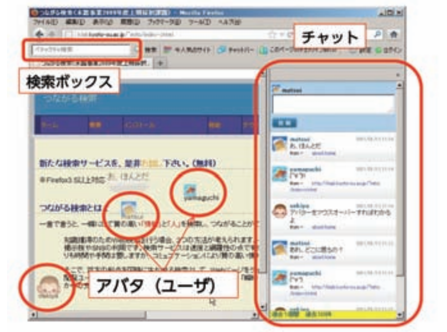


図2　つながる検索の利用例



「Aではないと仮定すると矛盾が導かれる。よってAである。証明終わり。」
背理法を使った証明を学んだとき、疑問を抱いた人はどのくらいいるでしょうか?
「なんだか、屁理屈みたいだ」「これで本当に“Aである”を証明したことになるのか」
といった疑問です。このような疑問は決しておかしなものではありません。
実は、数学とコンピュータ科学の世界もこの問題に悩まされてきました。
コンピュータの行う計算を数学という基礎から研究されている
小林聡先生にコンピュータが抱える計算の問題についてお聞きしました。

インテリジェントシステム学科
小林　聡 教授

神様の視点が見落とした
コンピュータの数学

背理法は神様の証明方法

数学にとって「具体的な解が分からなくても、解の存在だけを証明する」という背理法は強力な武器です。背理法では「解は存在するか存在しないかのいずれか」であること(「Aまたはnot A」という排中律の一つの形)が前提となりますが、これは解が存在するか否かは人間には分からないけれど神様なら知っているという「神様の視点」を持ち込んだ証明方法とも言えます。

この方法がコンピュータ科学にとって困った事態を引き起こしました。20世紀に入り、「アルゴリズムとは何か」つまり「計算できる範囲とはどこまでか」をはっきりさせる必要が出てきたのがそのきっかけでした。様々な数学者が計算とは何かを示す中、後のコンピュータ科学に大きな影響を与えたのが、イギリスの数学者・チューリング(Alan Mathison Turing, 1912-1954)が考案した「チューリングマシン」でした。

止まらない計算

チューリングマシンは、みなさんが使っている、現代のコンピュータと論理的に等価と見なせる仮想の機械で、あらゆるアルゴリズムを実行することができます。ところが、チューリングマシンには理論的限界があることをチューリング自身が示します。それは、チューリングマシンの計算が止まるか止まらないかを前もって判定するアルゴリズムはない(チューリングマシンの停止問題)というものでした。

現代のコンピュータにも理論的には同じ限界があり、すべてのプログラムについて、止まるか止まらないかを事前に判断することは残念ながらできないのです。

神様の視点に立てば、コンピュータは「止まるか止まらないかのいずれか」です。しかし、実際の計算となると「止まってみてはじめて止まると分かる」というケースがあり、「止まるか止まらないかのいずれか」などというのは気休めにしかなりません。1時間計算して止まらなくても、もしかするとあと10分計算させると止まるかもしれません。同じように、10日止まらなかったものが11日目には止まるかもしれず、1年間止まらなかったものも1年と1日目に止まるかもしれないからです。

「プログラムが停止するなら1を、停止しないなら0を答えよ」という問題を考えます。神様の立場では(つまり排中律を使えば)この問題には解があり、それは1か0かに決まっています。しかし、どちらなのかは一般に求められません。このように、神様の立場では解の存在は分かるけれども解を求める方法はない、ということが起こります。しかもこれは一例にすぎず、20世紀以降の数学にはそのような例が山のようにあります。

コンピュータが間違えたっていいじゃないか

このような状況はコンピュータ科学の立場からは不満です。なぜなら、排中律や背理法の使用を避けなければならないからです。排中律や背理法を避け、解の存在が証明できたらその計算方法も必ず分かるような形で数学を展開してみよう、という考え方で展開される数学は「構成的数学」と呼ばれ、私の研究テーマの一つです。19世紀までの数学は基本的に構成的数学で展開でき、それ以降の定理についても、証明をやり直したり、定理の記述を修正することで排中律を避けることは案外うまく行きます。

しかし、排中律や背理法の一般形を使った途端、我々は「プログラムが止まらず、計算結果を出せない」という問題に直面します。排中律の使用はあきらめなければならないのでしょうか?

私は現在、この問題にも取り組んでいて、非常に弱いバージョンの排中律を認める代りに「コンピュータが間違える」ことも許す、というモデルを考えています。このモデルでは「最初のうちは間違えても良いからとりあえず答を出す」ことが許されます。しかし、間違いを放っておくわけではなく、プログラムは一種の学習を続け、他の解を出します。それも間違っていたらまた別の解を出す、とくり返し、学習を続けるうちにいつかは正しい解を出します。それがいつになるかは一般に保証できないのですが、誤りが適切に指摘される限り、いつかは学習が成功して正しい答を出すことがある意味で保証されています。数学的には「極限計算可能数学」と呼ばれる考え方です。

人間の脳は優れた創造力を持つ一方で、よく間違えます。コンピュータにも間違いを許容することで新たな計算への可能性が開けてくるかもしれません。

排中律を批判した数学者

排中律の無制限の使用に反対した数学者として有名なのがオランダのブラウワー(Luitzen Egbertus Jan Brouwer、1881-1966)です。彼は、排中律への批判として「円周率に0が100個並ぶ場所がないかどうかどうやって分かるのか」という例を挙げました。円周率は終わりなく数字が並ぶ無理数です。計算を続けていけばもしかしたらいずれ0が100個並ぶ場所が出てくるかもしれません。でも、それは今のところ誰にも分かりません。確かめるためには計算を延々と続けなければなりませんが、出てこなければいつまでも計算が終わらず、まさに停止しない計算になってしまいます。

このような考え方から、ブラウワーは「排中律を無条件に使うべきではない」と主張しました。この主張は当時論議を呼びましたが、ブラウワーの思想は今日の構成的数学を生み、コンピュータ科学へ大いに寄与しました。

私たちの身の回りには、コンピュータがあふれています。
この発展の最終的な目標とされるのが
「ユビキタスコンピューティング」という概念です。
身の周りのあらゆる物や場所にコンピュータが埋め込まれており、
しかもそれを意識することなく使うことができる、未来の生活スタイル。
ユビキタスコンピューティングが描き出す少し先の未来について、
平井重行先生が作った実験施設を踏まえながら、お話しいただきました。

インテリジェントシステム学科
平井　重行 准教授

ユビキタス住宅で未来の
生活スタイルを考える

意識しないコンピューティング

私の研究コンセプトの1つは「ユビキタスコンピューティング(Ubiquitous Computing)」です。いたるところにコンピュータがあるという意味ですが、携帯電話の普及などとは根本的に発想が違い、ユーザにコンピュータを使っているという意識がそもそも生じないことがポイントです。

例えば、鉛筆で文字を書く時、鉛筆の芯が何でできていて、どういう機能を持っているか……ということをいちいち気にする人はいないと思います。同様に、椅子やテーブル、服の中にコンピュータが埋め込まれていても、その存在や仕組みを意識せず、やりたいことを達成できる。これを住宅の中で実現するのが、私の目指す方向です。

そこで研究に用いているのが、実際に人が暮らしながら、動作や行動、生理指標などを計測することで生活の分析もできる実験住宅です。新しいテクノロジーを導入していく中で、それによって変わる生活スタイルの提案を目指しています。

未来の住宅

いくつか例をご紹介しましょう。実験住宅の中では、特殊なメガネをかければ、その人が家のどこにいてどちらを向いているのかがわかる仕組みを導入しています。この位置情報を利用すれば、わざわざテレビやパソコンのモニターまで行かなくても、プロジェクタによって目の前に必要な情報を投影表示させることができます。

天井の模様から位置情報がわかる

壁の一面は触れた場所を検出するタッチディスプレイになっており、「電子書籍の本棚」を映せます。話のきっかけが生まれるコミュニケーションツールでもある本棚を電子書籍という形のない本で実現しようというものです。棚の切り替えやジャンルの抜き出し、検索が自由自在にできるという普通の本棚にはない便利さもあります。

洗面台の鏡はハーフミラーになっており、背後から文字やアニメーションなどを映し出すことで、色々な情報を表示できます。歯を磨きながらニュースのヘッドラインをチェックすることもでき、朝の忙しい時間などに役立つでしょう。

浴室にも様々な仕組みがあります。埋め込んだICタグによって洗面器やシャンプーボトルなどの物の場所が検出でき、人の行動を推定することができます。例えば「溺れてはいない」といった情報が得られますので、高齢者などの安全を見守るシステムとしても実現できるのです。ポイントは、ユーザは新たに何かを覚える必要がなく、普段どおり入浴すればいい点です。ユビキタスのわかりやすい一例だと言えるでしょう。

玄関の床には、天気予報が投影されている

便利さだけではなく生活の質を高める

浴室という空間については、今も新しい研究が進行中です。例えば最近女性の間で人気のミストサウナに着目し、霧に光を当てることでオーロラのようなものをつくろうというアイデアを抱いています。

システムの導入にはリモコン類が不可欠ですが、よりスマートでおしゃれな環境を目指すために、操作パネルは浴槽の淵に組み込まれています。浴槽自体がタッチセンサになっており、そこに天井のプロジェクタから画像を投影して操作パネルを表示します。

タッチセンサだけでなく、浴槽の縁をこすった際の「キュッキュッ」という音を検出する仕組みも作りました。これを活用して作ったのが、DJのターンテーブルのスクラッチ演奏になぞらえて遊べる音楽アプリケーション(Bathcratch youtubeにて動画公開中)です。こすり方やこする指の本数などで様々な入力ができ、浴槽に限らず壁やテーブルなどでも実現できるため、色々な応用が考えられます。

今後ユビキタスコンピューティングが一般化していく中で、人々の行動や時間の使い方が変わり、ひいては生活の質が変化していくでしょう。

実験住宅を用いた研究はまだ始まったばかりです。最先端の仕組みの開発を続けながら、人の行動をどう測り、情報をどう提示・利用するのがより良いのか、常に模索していきたいと思います。

お問い合わせ先

POWER UNIV.
京都産業大学

コンピュータ理工学部事務室
TEL 075-705-1989
〒603-8555 京都市北区上賀茂本山
http://www.kyoto-su.ac.jp/

コンピュータ理工学部
オリジナルサイト

交通アクセス